

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 08150662
PUBLICATION DATE : 11-06-96

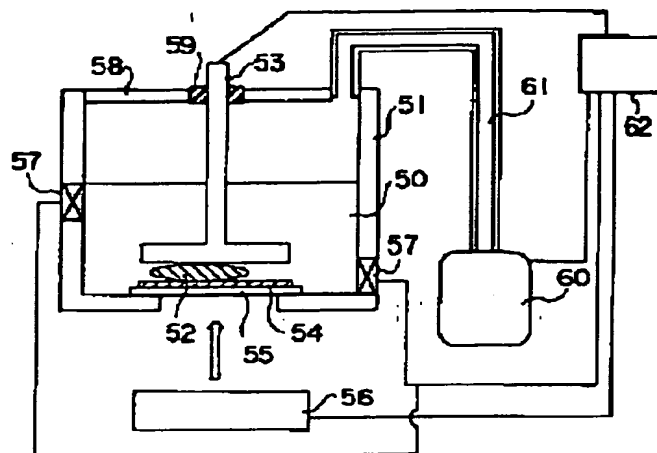
APPLICATION DATE : 30-11-94
APPLICATION NUMBER : 06297572

APPLICANT : OLYMPUS OPTICAL CO LTD;

INVENTOR : YOKOHAMA MASAKI;

INT.CL. : B29C 67/00 B29C 35/08 // B22C 7/00
B22C 7/00 B29K105:24

TITLE : OPTICAL SHAPING APPARATUS AND
METHOD USING POWDER MIXED
PHOTO-SETTING RESIN



ABSTRACT : PURPOSE: To obtain an optical shaping apparatus capable of performing optical shaping while uniformly distributing a powder throughout a powder mixed photo-setting resin by applying vibration to the powder mixed photo-setting resin.

CONSTITUTION: A powder mixed photo-setting resin is introduced into the tank 51 of an optical shaping apparatus and defoamed by evacuating the tank 51 by a vacuum device 60. Next, an elevator 53 is inserted in the tank 53 and vibration is applied to the powder mixed photo-setting resin by a vibrator 57. By this method, a powder is uniformly dispersed in the flowable photo-setting resin. Subsequently, the elevator 53 is fixed at a predetermined position and the photo-setting resin is irradiated with light in a desired shape to form one cured layer 52. Vibration is stopped during the irradiation with light. Then, the elevator 53 is raised by the quantity corresponding to a newly formed cured layer and, in the same vibration applying process and the same light irradiation process, the new cured layer is formed. A plurality of cured layers are stacked by repeating this operation to form desired three-dimensional cured matter.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-150662

(43) 公開日 平成8年(1986)6月11日

(51) Int. Cl. ⁴	識別記号	片内整理番号	P I	技術表示箇所
B 2 9 C 67/00 35/08		2125-4F 7639-4F		
# B 2 2 C 7/00	1 1 2 B 1 1 3			
B 2 9 K 105:24				

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願平6-297572

(22) 出願日 平成6年(1984)11月30日

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 横坂 正毅

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

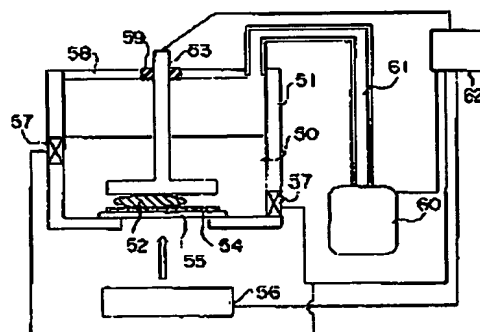
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 粉末混合光硬化性樹脂を用いた光造形装置及び光造形方法

(57) 【要約】

【目的】粉末混合光硬化性樹脂の粉末を均一に分布させながら光造形を行える光造形装置及び該装置を用いた光造形方法を提供すること。

【構成】本発明の粉末混合光硬化性樹脂を使用した光造形装置は、粉末混合光硬化性樹脂を収容するタンク、エレベータ、前記粉末混合光硬化性樹脂に振動を与える手段、貯留手段及び必要に応じて冷却手段を具備することを特徴とする。本発明の三次元光造形加工法は、流動性の光硬化性樹脂に粉末を混合してなる粉末混合光硬化性樹脂に予め振動を加え、必要に応じて冷却し、前記粉末混合光硬化性樹脂に光をスキャンさせながら光照射して粉末混合光硬化性樹脂を硬化させ、光硬化層を形成し、該光硬化層を複数層積み重ねて三次元構造物を造形する。



(2)

特開平 8-150662

1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 流動性の光硬化性樹脂に粉末を混合してなる粉末混合光硬化性樹脂に、光をスキャンさせながら照射して光硬化層を形成し、この光硬化層を複数層積み重ねて三次元構造体を造形する光造形装置において、前記粉末混合光硬化性樹脂を収容する収容手段と、

この収容手段内に配置され、前記光硬化層が形成される支持手段と、

前記支持手段の近傍の粉末混合光硬化性樹脂を硬化させるように前記収容手段の粉末混合光硬化性樹脂に光を照射する照射手段と、

前記粉末混合光硬化性樹脂に振動を与える振動手段と、前記粉末混合光硬化性樹脂内に存在する気泡を除去する脱泡手段と、を具備することを特徴とする光造形装置。

【請求項 2】 流動性の光硬化性樹脂に粉末を混合してなる粉末混合光硬化性樹脂に、光をスキャンさせながら照射して光硬化層を形成し、該光硬化層を複数層積み重ねて三次元構造体を造形する光造形装置において、前記粉末混合光硬化性樹脂を収容する収容手段と、

この収容手段内に配置され、前記光硬化層が形成される支持手段と、

前記支持手段近傍の粉末混合光硬化性樹脂を硬化させるように前記収容手段内の粉末混合光硬化性樹脂に光を照射する照射手段と、

前記粉末混合光硬化性樹脂に振動を与える振動手段と、前記粉末混合光硬化性樹脂を冷却する冷却手段と、を具備することを特徴とする光造形装置。

【請求項 3】 流動性の光硬化性樹脂に粉末を混合してなる粉末混合光硬化性樹脂に、光をスキャンさせながら照射して光硬化層を形成し、この光硬化層を複数層積み重ねて三次元構造体を造形する光造形方法において、流動性の光硬化樹脂と所定の粉末材料を混合して粉末混合光硬化性樹脂を得る混練工程と、

流動性の光硬化性樹脂を支持手段とともに収容手段に収容する収容工程と、

前記収容手段内に収容された前記粉末混合光硬化性樹脂に光をスキャンさせながら照射し、前記支持手段に光硬化層を形成する照射工程と、

前記光硬化層を複数層積み重ねて三次元構造体を造形するように、前記支持手段を間欠的に所定の距離で移動させる移動工程と、

前記粉末混合光硬化性樹脂を振動させる振動工程と、を備えたことを特徴とする光造形方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、流動性の光硬化性樹脂に粉末を混合した粉末混合光硬化性樹脂に、光をスキャンさせながら照射し、光硬化層を形成させ、該光硬化層を積み重ねて所望の三次元構造体を造形する光造形装

2

置及び該装置を用いた三次元構造体を造形する光造形方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 三次元構造体の光造形法には、流動性の光硬化性樹脂に光を照射して、光硬化層を形成し、該光硬化層を複数層積み重ねて所望の三次元構造体を製造する方法がある。この造形方法は、図 1 のフローチャートに示した工程を具備する方法である（CAD データから立体モデルを制作するポイント、省力と自動化、1992 年 9 月号、38～63 頁；永森茂、紫外線硬化樹脂を用いた加工法によるマイクロマシン設計・制作、機械設計、1992 年 50～55 頁；生田幸士、光創製 3 次元マイクロファブリケーション、第 5 回マイクロマシン・シンポジウム資料 78 頁、79 頁；光造形法レーザによる 3 次元プロッタ、日刊工業新聞社発行）。この光造形方法では、まず、光により硬化する光硬化性樹脂（S-1）に昇降自在のエレベータを導入し（S-2）、該エレベータを所望の光硬化層の厚さが得られる一定層厚の位置に移動させて固定し（S-3）、所望の形状に平面的に照射し（S-4）、次いで所望の形状が得られた後に照射を停止する（S-5）。その後、エレベータを所望の光硬化層の厚さが得られる一定層厚分移動させ（S-3）、上記（S-4）及び（S-5）の工程を繰り返す。所望の 3 次元構造体を得るまで、上記（S-3）、（S-4）及び（S-5）の工程を繰り返し、光硬化層を積層させる。その後、未硬化の光硬化性樹脂層を洗浄し（S-6）、得られた 3 次元形状の構造体全体に照射して構造体全体を完全に硬化させるための後露光（S-7）を行う。

【0003】 上記光造形法は、主に光硬化樹脂のみの三次元構造体を造形し、立体モデルを制作するために用いられるが、このような光硬化性樹脂のみからなる三次元構造体は、強度や耐熱性の高い構造体を形成することが困難である。

【0004】 この問題を解決する方法として、流動性の光硬化性樹脂に粉末を混合した粉末混合光硬化性樹脂を使用し、該樹脂に照射し、三次元構造体を造形することが開示されている（特開平 4-99203）。この方法を用いると、流動性の光硬化性樹脂中に金属若しくはセラミックの粉末材料が混入されるため強度や耐熱性等の特性を改善することができる。

【0005】 しかし、流動性の光硬化性樹脂と、該樹脂に混合される金属又はセラミック粉末の比重が異なるため、粉末混合光硬化性樹脂に混合されている粉末が流動性の光硬化性樹脂中で沈降することにより、流動性の光硬化性樹脂と粉末が分離してしまい、均一な分率が得られない。特に該粉末混合硬化性樹脂に光を照射させて三次元構造体を形成する工程は、粉末混合光硬化性樹脂を硬化させ、硬化物を各層毎に積層することによって三次元構造物を形成するので、造形時間が数時間に及ぶ場合

(3)

特開平 8-150662

がある。従って粉末の分散を一定に保つことは非常に困難である。このことは、SUS316L粉末（平均粒径 $8\mu\text{m}$ 、比重 7.8）と流動性の光硬化性樹脂（粘度 $20\text{mPa}\cdot\text{s}$ 、比重 1.07）を混練した粉末混合光硬化性樹脂では、表 1 に示されるように 5 分後で既に 30%

*%の粉末が沈降し、60 分後にはほぼ完全に粉末が沈降するという結果からも明らかである。

【0006】

【表 1】

第 1 表

沈降時間 粉末混合光硬化性樹脂の混合材料	沈 降 率			
	5 分後	10 分後	30 分後	60 分後
SUS316L 粉末 (平均粒径 $8\mu\text{m}$ 比重 7.8) 光硬化性流動樹脂 (粘度 $20\text{mPa}\cdot\text{s}$ 比重 1.07)	30%	60%	94%	98%

【0007】粉末混合光硬化性樹脂を使用する光造形方法では、上記問題点のほか、以下のような問題も有している。

【0008】粉末混合光硬化性樹脂中の粉末の混合量が増加すると該粉末により光が遮られ、所定の厚さの硬化層が得られず、所望の形状の粉末混合樹脂形成体が得られないことがある。また、粉末混合光硬化性樹脂の粘性が高い場合は、光造形工程（S-14）に移行する際に、該粉末混合光硬化性樹脂が光造形装置に流れ込みにくくなり、移行に時間がかかること、及び造形工程にも時間がかかる。

【0009】更に、粉末混合光硬化性樹脂を用いると、光照射によって三次元構造体を形成した後、光硬化性樹脂を焼結等によって除去することにより、所望の形状の金属若しくはセラミック材質の造形物を製造することが可能となる。以下にこの方法の概略を図 2 のフロー図を参照して説明する。まず、流動性の光硬化性樹脂（S-11）に粉末材料（S-12）を混合し、混練（S-13）した後、光造形装置により光照射し、所望の三次元構造体を造形する工程（S-14）を行う。その後、樹脂形成体中の樹脂成分を焼結除去（S-15）し、更に樹脂成分が除去された造形物を高温焼結（S-16）することにより、金属若しくはセラミック材質の構造物を形成する。更にこの方法は、金属又はセラミック成分の配合比を変化させた粉末混合樹脂層を光硬化させ、積層することにより所望の形状の樹脂形成体を形成し、次いで該樹脂形成体を高温の雰囲気中で加熱して樹脂成分を焼結除去すると共に（S-15）、焼結して所望形状の機

能傾斜材料を形成することを特徴とする光成型方法とすることが可能である。

【0010】しかし、この方法も上記の粉末混合光硬化性樹脂を用いた三次元造形物を製造する場合と同様の問題点を有しており、この問題点のほかにも、粉末の混合量を減少させた場合、焼結（S-15）工程及び焼結（S-16）工程で三次元構造体の保形性が低下し、焼結体が製造できないこととなる。

【0011】一方、粉末混合光硬化性樹脂を使用する三次元構造体の造形方法には、図 3 に示す規制液面法、及び図 4 に示す自由液面法（1994 年度精密光学会春季大会学術講演会講演論文集第 2 分冊、581 頁、粉末混入光硬化性樹脂による光造形に関する研究（第 2 報））がある。

【0012】図 3 に示される規制液面法は、エレベータ 21、硬化した粉末混合光硬化性樹脂を剥離させるためのテープ 23 及び光を透過するガラス 24 を備えたタンク 22 に導入された粉末 25 を含有する流動性の光硬化性樹脂 26 にタンク底面からガラス 24 を通して光照射し、粉末混合光硬化性樹脂を硬化させるものである。この方法では、粉末がタンクの底面に沈降し、粉末の層が形成されるため、エレベータ 21 が所望の位置 27 まで降下できず、光造形ができないという問題があった。

【0013】また、図 4 に示す自由液面法では、光硬化性樹脂中の粉末が沈降しないようにスクリュウ式の攪拌機 31 を使用し粉末混合硬化性樹脂を攪拌し、レーザービーム 32 を粉末混合光硬化性樹脂 33（粉末は図示せず）の上面から照射する。この方法では、エレベータ 3

(4)

特開平8-150662

5

4がタンク35中央部にあるためスクリー式の攪拌機31を中央部に位置させることができず、部分的な攪拌しか行うことができない。特に、粉末混合硬化性樹脂33の粉末の含有量が高くなると、高粘度となるためスクリー部36周辺以外の攪拌ができなくなる。更に、スクリー式の攪拌機31により粉末混合硬化性樹脂33の上面に膜が発生するため、この膜がなくなるまで待ってから照射を行わなければならない。造形に時間がかかるという問題があった。また、上記の膜がなくなるまで時間をかけると、粉末が沈降し、粉末が均一に分散しないという問題も有している。更に、スクリー36による攪拌では、粉末混合硬化性樹脂33内に気泡ができ、この気泡が液面上昇するので、照射によって硬化した樹脂層に気泡が入り込むという問題もあった。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記点に鑑みてなされたものであり、その第一の目的は、流動性の光硬化性樹脂に、金属又はセラミック材料等の粉末を含む粉末混合硬化性樹脂を用いる三次元構造体を造形する方法において、該粉末を該粉末混合硬化性樹脂内に均一に分布させながら光造形を行える光造形装置を提供することである。また、本発明は、該光造形装置を用いた三次元光造形方法に提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記の目的は、以下の(1)～(3)に記載する装置及び方法によって、解決することができる。

【0016】(1)流動性の光硬化性樹脂に粉末を混合してなる粉末混合硬化性樹脂に、光をスキャンさせながら照射して光硬化層を形成し、この光硬化層を複数層積み重ねて三次元構造体を造形する光造形装置において、前記粉末混合硬化性樹脂を収容する収容手段と、この収容手段内に配置され、前記光硬化層が形成される支持手段と、前記支持手段の近隣の粉末混合硬化性樹脂を硬化させるように前記収容手段の粉末混合硬化性樹脂に光を照射する照射手段と、前記粉末混合硬化性樹脂に振動を与える振動手段と、前記粉末混合硬化性樹脂内に存在する気泡を除去する脱泡手段と、を具備することを特徴とする光造形装置。

【0017】(2)流動性の光硬化性樹脂に粉末を混合してなる粉末混合硬化性樹脂に、光をスキャンさせながら照射して光硬化層を形成し、該光硬化層を複数層積み重ねて三次元構造体を造形する光造形装置において、前記粉末混合硬化性樹脂を収容する収容手段と、この収容手段内に配置され、前記光硬化層が形成させる支持手段と、前記支持手段近隣の粉末混合硬化性樹脂を硬化させるように前記収容手段内の粉末混合硬化性樹脂に光を照射する照射手段と、前記粉末混合硬化性樹脂に振動を与える振動手段と、前記粉末混合硬化性樹脂を冷却する冷却手段と、を具備することを特徴と

する光造形装置。

【0018】(3)流動性の光硬化性樹脂に粉末を混合してなる粉末混合硬化性樹脂に、光をスキャンさせながら照射して光硬化層を形成し、この光硬化層を複数層積み重ねて三次元構造体を造形する光造形方法において、流動性の光硬化性樹脂と所定の粉末材料を混合して粉末混合硬化性樹脂を得る混練工程と、流動性の光硬化性樹脂を支持手段とともに収容手段に収容する収容工程と、前記収容手段内に収容された前記粉末混合硬化性樹脂に光をスキャンさせながら照射し、前記支持手段に光硬化層を形成する照射工程と、前記光硬化層を複数層積み重ねて三次元構造体を造形するように、前記支持手段を間欠的に所定の距離で移動させる移動工程と、前記粉末混合硬化性樹脂を振動させる振動工程と、を備えたことを特徴とする光造形方法。

【0019】なお、本発明において、粉末混合硬化性樹脂とは、流動性の光硬化性樹脂に粉末を混合し、必要に応じて反応性希釈剤、光重合開始剤等を混合したものをいう。

【0020】また、本発明において、粉末とは、金属粉末、セラミック粉末、繊維、ウイスキー等の光硬化性樹脂に添加して、強度及び熱耐性等を改善しうる粉末をいう。

【0021】以下に本発明を更に詳細に説明する。

【0022】まず第一の発明について説明する。第一の発明によれば、流動性の光硬化性樹脂に粉末を混合してなる粉末混合硬化性樹脂に、光をスキャンさせながら照射して光硬化層を形成し、該光硬化層を複数層積み重ねて三次元構造体を造形する光造形装置において、該光造形装置が、前記粉末混合硬化性樹脂に振動を与える手段と脱泡手段を有することを特徴とする光造形装置が提供される。

【0023】本発明の粉末混合硬化性樹脂を使用した光造形装置の一態様を図5に示す。本態様の光造形装置は、規制液面法によるものである。以下に図5を参照して説明する。なお、図5において、流動性の光硬化性樹脂及び硬化層中に含まれる粉末は図示していない。

【0024】本発明の光造形装置は、粉末混合硬化性樹脂50を収容するタンク51、照射によって硬化した樹脂52を固定するためのエレベータ53、硬化した樹脂52を剥離させるためのテープ54及び光を透過するガラス55、光源56を具備した光造形装置に、更に粉末混合硬化性樹脂に振動を与えるための装置57及び脱泡装置を具備する。

【0025】粉末混合硬化性樹脂に振動を与えるための装置は、振動を与えるアクチュエータ、例えば音波若しくは超音波発生装置である。図5において、該振動を与える装置はタンクの側面に配置したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えばタンクの底部、エレベータに配置されていてもよい(図6)。振動を与える

(5)

特開平8-150662

7

装置は、1以上装着することが可能である。複数装着する場合は、側面若しくは底面に配置することが好ましく、効率をよくするため非対称に配置することが好ましい。振動を与える装置は、タンクに装着する場合、タンクに固定しても、また脱着可能に装着してもよい。

【0026】本発明の装置では、上記タンク内に配置され、光硬化層が形成される支持手段としてのエレベータを具備する。

【0027】規制液面法において、光硬化層の厚さは、タンクの底面に配置された光を透過するガラスとエレベータによって規制される。また、該エレベータは、タンク情報に設けられたアクチュエータ（図示せず）によって昇降させることができる。更に、硬化された樹脂は、エレベータに付着するので、エレベータと共に移動させることができる。

【0028】本発明で使用する光源56は、粉末混合光硬化性樹脂によって異なるが、X線光源、紫外線光源、可視光源等を使用しうる。

【0029】本発明で使用する光透過性のガラスは、粉末混合光硬化性樹脂を硬化させるのに使用する光によって異なるが、紫外線や可視光を照射する場合は、石英ガラス等を用いることができる。

【0030】また、硬化した粉末混合硬化性樹脂を剥離させるためのテープ54は光を透過し、濡れ性の低いテフロンテープ等が好ましい。

【0031】本発明の光造形装置は、脱泡装置を具備する。該脱泡装置は、タンク51を密封するためのカバー58、該カバー58とエレベータ53との間の気密を保つためのパッキング58、タンク内を減圧にする真空装置60及び該真空装置60とタンク51とを連通させるパイプ61よりなる。カバー58、パッキング59、パイプ61はタンク内を減圧に保つことができるものであれば特に限定されないが、ウレタンゴムのような材質のものが好ましい。また真空装置は、一般に使用される真空ポンプ（例えばオイル並散ポンプ等）を使用しうる。

【0032】本発明の光造形装置は、更に光照射時に振動を加えないようにするための制御装置62を具備していてもよい。該制御装置62は、図5に示されるように、エレベータ53、光源56、振動を与える装置57、及び脱泡装置60に連結されている。この制御装置62により、エレベータ53、光源56、振動を与える装置57、及び脱泡装置60を自動で制御することができる。光照射時に自動で振動を停止することができる。また、制御装置62を使用することによって、光照射時以外の少なくとも一工程に振動を加えるように制御することもできる。このような制御装置には、例えばマイクロコンピュータ等を好適に使用しうる。この制御装置62は、図6のエレベータに振動を与える装置を具備した規制液面法においても同様に設置しうる（図6には該制御装置は示していない。）。 40

8

【0033】本発明では、流動性の光硬化樹脂に種々の粉末を混合し、必要に応じて硬化試剤を含有した粉末混合光硬化性樹脂を使用する。光硬化性樹脂は、X線、紫外線、又は可視光等の光によって硬化しうるものであれば特に限定されるものではない。

【0034】例えば、アクリル系樹脂、エポキシ系樹脂等を挙げることができる。具体的には、アクリロイル基を有するモノマー又はオリゴマーであり、その骨格を構成する分子構造により、ポリエステルアクリレート、ポリウレタンアクリレート、エポキシアクリレート、ポリエーテルアクリレート、シリコンアクリレート、オリゴアクリレート等がある。

【0035】本発明では、上記光重合性樹脂を単独でも、また複数組み合わせ使用することもできる。

【0036】重合開始剤としては、ジヒドロキシアセトフェノン、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン等のアセトフェノン系重合開始剤、イソブチルベンゾインエーテル、イソプロピルベンゾインエーテル等のベンゾインエーテル系重合開始剤、ベンジルメチルケタール、1-ヒドロキシシクロヘキシルフェニルケトン等のベンジルケタール系重合開始剤、ベンゾフェノン、2-クロロチオキサントン等のケトン系重合開始剤等がある。

【0037】流動性の光硬化性樹脂は上記光重合性樹脂に必要に応じて光開始剤を混合することによって調製される。

【0038】本発明で使用する粉末は、繊維、ウイスキー、金属粉末、セラミック粉末等がある。具体的には、アルミナ、シリカ、ステンレス、銅、PZT、アルミがある。本発明では、特にアルミナを使用することが好ましい。

【0039】本発明の粉末混合光硬化性樹脂は、上記の流動性の光硬化性樹脂と上記粉末を混合することによって調製される。流動性の光硬化性樹脂と粉末の体積における混合比は、流動性の光硬化性樹脂に対して25%から48%が好適である。しかし、光硬化性樹脂及び粉末によってはこの範囲外の場合もありうる。

【0040】次に、本発明の第二の態様である自由液面法による光造形装置を図7に沿って説明する（以下の説明で図7、8、及び9の粉末光硬化性樹脂には粉末が含まれているが、図示していない。）。図7に示されるように、第二の態様の光造形装置は、粉末混合光硬化性樹脂70を収容するタンク71、光照射によって硬化した樹脂72を積層し造形させるためのエレベータ73、及び光を透過するガラス74を具備した光造形装置に、更に粉末混合光硬化性樹脂に振動を与えるための装置75及び脱泡装置を具備する。この第二の態様の光造形装置のタンク71、エレベータ73、光を透過するガラス74、振動を与えるための装置75、脱泡装置としての 50 カバー76、パッキング77、真空装置78及びパイプ

(5)

特開平 8-150662

9

79. 並びに光源80は、第一の態様で説明したものをそのまま使用しうる。更に、上記振動を与えるための装置は、第一の態様と同様に、タンクの側面、底面若しくはエレベータに設置(図8)しうる。

【0041】この第二の態様においても、第一の態様で説明した光照射時に振動を加えないようにする制御装置と全く同様の制御装置84を設置しうる(図7)。更にこの装置は、図8の態様の装置にも同様に設置しうる(図中には該制御装置は示していない。)

【0042】第一の発明の第三の態様では、上記第二の態様に更に光照射部81を設け、該光照射部81とエレベータを昇降させるアクチュエータ82を密封されたタンク内に設置することを特徴とする(図9)。光源80と光照射部81とは光ファイバー83で連結される。光照射部81には、光ファイバーの一端を移動させるアクチュエータが含まれ、このアクチュエータで光ファイバーを移動することによって光造形パターンの光を照射する。この第三の態様の光造形装置のタンク71、エレベータ73、振動を与える装置75及び脱泡装置は、第一の態様で説明したものをそのまま使用しうる。また振動を与える装置も第一の態様で説明したように設置しうる。

【0043】更に、第一の態様で説明した光照射時に振動を加えないようにする制御装置と全く同様の制御装置84を設置しうる。

【0044】この第一の発明においては、後述する冷却手段を更に具備していてもよい。

【0045】本発明の第二の発明について説明する。

【0046】第二の発明は、流動性の光硬化性樹脂に粉末を混合してなる粉末混合光硬化性樹脂に、光をスキャンさせながら光照射して光硬化層を形成し、該光硬化層を複数層積み重ねて三次元構造物を造形する光造形装置において、該光造形装置が、前記粉末混合光硬化性樹脂に振動を与える手段及び冷却手段とを具備することを特徴とする光造形装置である。

【0047】本発明の粉末混合光硬化性樹脂を使用した光造形装置の一態様を図10に示す。本態様の光造形装置は、規制液面法によるものである。以下に図10を参照して説明する。なお、図10において、粉末混合硬化性樹脂には粉末が含まれているが、図示していない。

【0048】第二の発明の光造形装置は、粉末混合光硬化性樹脂50を収容するタンク51、光照射によって硬化した樹脂52を固定するためのエレベータ53、硬化した樹脂52を剥離させるためのテーブル54及び光を透過するガラス55、光源56を具備した光造形装置に、更に粉末混合光硬化性樹脂に振動を与えるための装置57及び冷却装置63を具備する。本発明では振動により発生する熱によって粉末混合光硬化性樹脂が硬化するのを防止するため、冷却装置を設置する。

【0049】上記構成のうち冷却装置以外は、第一の発

10

明で説明した装置等と同様である。

【0050】第二の発明で使用しうる冷却装置は、図10及び11に示されるように、タンクの底面に設置してもよく、またタンクの側面に設置してもよい。

【0051】該冷却装置は、ペルチェ素子を好適に使用しうる。ペルチェ素子は、粉末混合光硬化性樹脂の温度をセンサー(図示せず)で測定し、電気エネルギーで温度コントロールを可能とするものである。ペルチェ素子は、形状を小型化することができるので、小型のタンクを使用した場合でもタンクの底面に有効に取り付けることができる。

【0052】第二の発明についても、上記第一の発明と同様の第一の態様及び第二の態様を実施しうる(図10から12)。

【0053】また、第二の発明においても、第一の発明で説明した光照射時に振動を加えないようにする制御装置と全く同様の制御装置62を設置しうる。

【0054】次に、第三の発明について説明する。

【0055】第三の発明は、上記第一又は第二の発明の装置を用いた粉末混合光硬化性樹脂の三次元造形法である。図13に示すフロー図を参照して第三の発明の一態様を説明する。

【0056】まず、流動性の光硬化性樹脂(S-100)を用意する。流動性の光硬化性樹脂は市販品をそのまま使用することができる。

【0057】流動性の光硬化性樹脂(S-100)を粉末(S-101)と混練する(S-102)。混練の方法は特に限定されないが、脱泡と混練を同時に行う攪拌・脱泡機又は、遠心脱泡機を好適に使用しうる。得られた粉末混合光硬化性樹脂を光造形機のタンクに導入する(S-103)。導入には、例えばタンクの端から気泡が入らないようにゆっくり流し込む等の方法を用いることができる。また、シリンジを用いてタンクに導入することも可能である。本発明ではこれらの方法に限定されず、種々の方法で粉末混合光硬化性樹脂を導入しうる。

【0058】次いで光造形装置で三次元構造物を造形する(図16の光造形機による工程がこれにあたる。)。タンク内にエレベータを挿入し(S-105)、上記振動を与える手段で粉末混合光硬化性樹脂に振動を加える(S-106)。これによって、流動性の光硬化性樹脂中に均一に粉末を分散させる。

【0059】この振動を加えることによる効果を図14及び15を参照して模式的に説明する。

【0060】図14は、タンク140内に粉末混合硬化性樹脂141を導入した状態を表しており、粉末142がタンク底部に沈降している。この状態で振動を加える手段143で振動を加えると図15に示すように沈降した粉末142が振動により樹脂中に一様に分散される。このとき、振動による熱等が発生する場合があるので、発熱を最小限に抑え、且つ効率よく振動を与えられるよ

11

うに振動を加える装置を調節する。必要に応じて、冷却装置を設置してもよい。

【0061】次に、エレベータを所定の位置、即ち硬化層の厚みだけ移動させる（S-107）。例えば、規制液面法では、底面に設置されたガラス146表面から硬化層一層分に固定する。また、自由液面法では、粉末混合光硬化性樹脂の上部表面から硬化層一層分に固定する。このエレベータの移動の間も振動を加えることが好ましい（S-108）。これは、チクソ性により、粘性が下がった状態でエレベータを移動させることができるので、高価な高トルクのエレベータの移動装置を用いずに済むからである。

【0062】エレベータを固定した後、光を所望の形状に照射し、一層分の硬化層を形成する（S-109）。本発明においては、光照射する間にも振動を加えることができるが、硬化物が変形したり寸法の精度が低下したりしないように、光を照射する工程では振動を停止する（S-110）ことが好ましい。光照射の段階で振動を停止しても、粉末がすぐに沈降することはないので、特に問題はない。即ち、粉末混合光硬化性樹脂の攪拌が振動によって行われるので、スクリュウによる攪拌に比べ樹脂表面が平坦になりやすく、振動を停止してから光照射までの時間を短くすることができる。従って、粉末の沈降があまり起こらない状態で光照射を行えるので、均一な三次元構造物を造形することができる。

【0063】次に、所望の形状に樹脂が硬化したら光を停止（S-111）する。この段階で再度振動を加え、粉末が均一に分散するようにする（S-112）。（S-107）から（S-112）の工程を、所望の三次元構造物が形成されるまで繰り返す。図13では、光照射の工程以外の全ての工程で振動を加えるように図示されているが、本発明は、これに限定されず、少なくとも一工程で振動を加える態様とすることもできる。

【0064】上記の光造形工程による各工程は、必要に応じて、脱泡を行いながら進めることができる。脱泡は、上記本発明の装置を用い、タンク内を真空ポンプ等で減圧にすることによって行われる。タンク内の減圧度は、特に限定されないが、0.15から0.01mmHgが好ましい。また、脱泡をする場合には、上記三次元構造物を造形する各工程の少なくとも一工程で振動を行うので、光造形中連続して行うことが好ましい。

【0065】所望の形状が造形された後、エレベータをタンクの外に出し（S-113）、タンク内に振動を加える（S-114）。減圧を解き、三次元構造物を取り出し（S-115）、洗浄し（S-116）、後露光し（S-117）、求める三次元構造物を得る。

【0066】本態様では、流動性の光硬化性樹脂と粉末の混練の工程（S-102）を設けたが、本発明では、この工程を設ける必要は必ずしもなく、流動性の光硬化性樹脂と粉末を直接タンクに導入し、振動を加える（S

(7)

特開平8-150662

12

-118）ことによって混合を行ってもよい（図16のフロー図参照）。

【0067】

【作用】本発明の粉末混合光硬化性樹脂を使用した光造形装置は、流動性の光硬化性樹脂に粉末を混合してなる粉末混合光硬化性樹脂に、光をスキャンさせながら光照射して前記粉末混合光硬化性樹脂を硬化させて光硬化層を形成させ、該光硬化層を複数層積み重ねて三次元構造物を造形するものであり、該光造形装置は、粉末混合光硬化樹脂を収容する収容手段、該収容手段内に配置され、前記光硬化性樹脂が形成される支持手段、前記支持手段近傍の粉末混合光硬化性樹脂を硬化させるように前記収容手段内の粉末混合光硬化性樹脂に光を照射する光照射手段、前記粉末混合光硬化性樹脂に振動を与える手段を具備し、これらの手段に更に、脱泡手段及び/又は冷却手段を具備することを特徴とする。

【0068】上記構成の光造形装置を用いて、三次元構造物を製造する。まず、上記収容手段に、上記支持手段を挿入し、振動を加える手段で粉末混合光硬化性樹脂に振動を加え、流動性の光硬化性樹脂中に均一に粉末を分散させる。

【0069】次に、支持手段を所定の位置、即ち硬化層の厚みだけ移動させ、光を所望の形状に照射し、一層分の硬化層を形成する。光の照射中においては、硬化物が変形したり寸法の精度が低下したりしないように振動を停止することが好ましい。所望の形状に樹脂が硬化したら光を停止する。エレベータを所定の位置に移動させる工程及び光照射の工程を所望の三次元構造物が形成されるまで繰り返す。三次元構造物を造形する間、必要に応じて脱泡及び/又は冷却を行う。

【0070】所望の形状が造形された後、エレベータをタンクの外に出し、減圧を解き、三次元構造物を取り出し、洗浄し、後露光し、求める三次元構造物を得る。

【0071】

【実施例】以下に本発明を実施例に基づいて更に詳細に説明する。

【0072】実施例1

(i) 粉末混合光硬化性樹脂を用いた光造形装置
本実施例の装置を図5に示す。本実施例は規制液面法による光造形装置の例である。図5の光造形装置は、粉末混合光硬化性樹脂50を収容するタンク51を有し、該タンクの底部には、光源56からの光を取り入れるための開口部が設けられており、該開口部は、粉末光硬化性樹脂が漏出しないように光を透過するガラス55で塞がれている。該光透過性のガラスは、石英ガラスが好ましい。該光を透過するガラスのタンク内面側には、硬化した樹脂（硬化層）52を剥離させるためのテープ（光透過性のもの）54を設置する。このテープは光透過性のテフロンテープが好ましい。このテープにより、得られた三次元構造物を容易に剥離することができる。更に、

50

(8)

特開平8-150662

13

タンク51の側面には、粉末混合光硬化性樹脂に振動を与えるための装置57を設置する。この振動を与える装置は、粉末混合光硬化性樹脂50の粉末成分（図示せず）が該粉末混合光硬化性樹脂中で均一に分散されるように振動を与えるものであれば特に限定されないが、音波発生装置若しくは超音波発生装置等が好ましい。また、振動を与える装置55は、一機だけ設置することもできるが、効率よく振動を加えるためには、タンク側面に非対称に複数機設置することが好ましい。更に、図5において、振動を与える装置57はタンク側面に配置したが、タンク底面に配置することも可能である。加えて、振動を与える装置57は、タンクに固定してもよく、また脱着可能に設置してもよい。タンク内には、粉末混合光硬化性樹脂の硬化層52の厚みを規定するためのエレベータ53が挿入されている。該エレベータは、種々の形状を取りうるが、例えば図5に示したようなT字形の断面を有するものを用いることができる。該エレベータは上端に設けられたアクチュエータ（図示せず）により、昇降させることが可能である。

【0073】上記のように構成されたタンク上部には脱泡装置が設置される。脱泡装置は、タンク51を密封するためのカバー58、該カバー58とエレベータ53との間の気密を保つためのパッキング59、タンク内を減圧にする真空装置60及び該真空装置60とタンク51とを連通させるパイプ61よりなる。カバー58にはエレベータが昇降し得るように孔が設けられており、該孔には、タンク内が気密になるようにパッキング59が取り付けられている。上記カバー58の一端にはパイプ61が取り付けられ、真空装置60に連結されている。この真空装置によってタンク内が減圧にされる。

【0074】更に本発明の装置は、光照射時に振動を加えないようにするための制御装置62を具備していてもよい。該制御装置62は、エレベータ53、光源56、振動を与える装置57、及び脱泡装置60に連結されている。この制御装置62により、エレベータ53、光源56、振動を与える装置57、及び脱泡装置60を自動で制御することができ、光照射時に自動で振動を停止することができる。また、制御装置62を使用することによって、光照射時以外の少なくとも一工程に振動を加えるように制御することもできる。このような制御装置には、例えばマイクロコンピュータ等を使用しうる。

【0075】(iv) 粉末混合硬化性樹脂を用いた三次元構造体の形成方法

スリーボンド製の紫外線硬化樹脂3042と平均粒径3μmのアルミナ粉末を攪拌・脱泡後に混合した後、得られた粉末混合光硬化性樹脂を光造形機のタンクに導入した。導入は、例えばタンクの端から気泡が入らないようにゆっくり流し込むことによって行った。次いで、粉末混合光硬化性樹脂中の気泡を取り除くため上記本発明の装置を用い、タンク内を真空ポンプで減圧することに

14

よって脱泡を行った。タンク内の減圧度は0.09から0.1mmHgであった。

【0076】次いで光造形装置で三次元構造体を造形した（図17～19を参照。なおこれらの図中で脱泡装置の記載は省略した）。タンク内にエレベータを挿入し、上記振動を与える手段で粉末混合光硬化性樹脂に振動を加えた（図17）。これによって、流動性の光硬化性樹脂中に均一に粉末を分散させた。この振動は、三次元構造体を造形する間、光照射する工程以外で、連続的に加えた。振動は、粉末光硬化性樹脂が、熱で硬化しないように適宜調節する。

【0077】次に、エレベータを所定の位置、即ち底面に設置されたガラス55表面から硬化層一層分に固定した。具体的には、底面に設置されたガラス表面から0.02mm上方に固定した。このエレベータの移動の間も振動を加えることが好ましい。

【0078】次に、光を所望の形状に照射し、一層分の硬化層を形成した（図18）。本発明では、光の照射中においては、硬化物が変形したり寸法の精度が低下したりしないように、振動を停止した。光照射の段階で振動を停止しても、粉末がすぐに沈降することはないので、特に問題はなかった。所望の形状に樹脂が硬化したら光を停止し、再度振動を加えた。次にエレベータを新たに形成する硬化層の分だけ上昇させた。このとき硬化層は、既にエレベータに硬化接合されているので、エレベータと共に上昇する（図19）。

【0079】次に、同様の振動を与える工程及び光照射行程で、硬化層の下部に接合するように新たな硬化層を作成する。この操作を繰り返して硬化層を複数層積み重ねることにより所望の三次元硬化物を形成することができる。

【0080】所望の形状が造形された後、エレベータをタンクの外に出し、タンク内に振動を加えた。減圧を解き、三次元構造体を取り出し、洗浄し、後露光し、求める三次元構造体を得た。

【0081】本実施例は、当然に種々の変形が可能である。例えば、本実施例では流動性の光硬化性樹脂と粉末の混練の工程を設けたが、本発明では、この工程を設ける必要は必ずしもなく、流動性の光硬化性樹脂と粉末を直接タンクに導入し、振動を加えることによって混合を行ってもよい。また、振動は光照射以外の少なくとも一工程で行うようにすることもできる。

【0082】実施例2

(i) 粉末混合光硬化性樹脂を用いた光造形装置

本実施例の装置を図7に示す（図中、粉末の記載は省略した）。本実施例は自由液面法による光造形装置の例である。図7の光造形装置は、粉末混合光硬化性樹脂70を収容するタンク71を有する。タンク71の側面には、粉末混合光硬化性樹脂に振動を与えるための装置75を設置する。この振動を与える装置は、粉末混合光硬

15

化性樹脂 70 の粉末成分が該粉末混合光硬化性樹脂中で均一に分散されるように振動を与えるものであれば特に限定されないが、音波発生装置若しくは超音波発生装置等が好ましい。また、振動を与える装置 75 は、一機だけ設置することもできるが、効率よく振動を加えるためには、タンク側面に非対称に複数機設置することが好ましい。更に、図 7 において、振動を与える装置 75 はタンク側面に配置したが、タンク底面に配置することも可能であり、またエレベータ 73 に設置することもできる。加えて、振動を与える装置 75 は、固定してもよく、

また脱着可能に設置してもよい。タンク内には、粉末混合光硬化性樹脂の硬化層の厚みを規定するためのエレベータ 73 が挿入されている。該エレベータは、種々の形状を取りうるが、例えば図 6 に示したような U 字形の断面を有するものを用いることができる。該エレベータは上端に設けられたアクチュエータ（図示せず）により、昇降させることが可能である。

【0083】上記のように構成されたタンク上部には脱泡装置が設置される。脱泡装置は、タンク 71 を密封するためのカバー 76、該カバー 76 とエレベータ 73 との間の気密を保つためのパッキング 77、光を透過させるためのガラス 74、タンク内を減圧にする真空装置 78 及び該真空装置 78 とタンク 71 とを連通させるパイプ 79 よりなる。カバー 76 にはエレベータが昇降し得るように孔が設けられており、該孔には、タンク内が気密になるようにパッキング 77 が取り付けられている。更に該カバーにはタンク上方に設置された光源 80 から光を照射し得るように、開口部を設ける。該開口部は光照射が効率よく行われるような位置に設けることが好ましく、特にタンクの上部中央に設けることが好ましい。また、該開口部には、タンク内が減圧に保たれるように光を透過するガラス 74 を気密に取り付ける。該光を透過するガラスは、石英ガラスが好ましい。上記カバー 76 の一端にはパイプ 79 が取り付けられ、真空装置 78 に連結されている。この真空装置によってタンク内が減圧にされる。

【0084】更に本発明の装置は、上記実施例 1 と同様に光照射時に振動を加えないようにするための制御装置 84 を具備していてもよい。該制御装置 84 は、エレベータ 73、光源 80、振動を与える装置 75、及び脱泡装置 78 に連結されている。この制御装置 84 により、エレベータ 73、光源 80、振動を与える装置 75、及び脱泡装置 78 を自動で制御することができ、光照射時に自動で振動を停止することができる。また、制御装置 84 を使用することによって、光照射時以外の少なくとも一工程に振動を加えるように制御することもできる。このような制御装置には、例えばマイクロコンピュータ等を用いる。

【0085】(ii) 粉末混合硬化性樹脂を用いた三次元構造体の形成方法

(9)

特開平 8-150662

16

流動性の光硬化性樹脂を上記実施例 1 と同様に調製した。

【0086】次いで、得られた流動性の光硬化性樹脂をアルミナ粉末と攪拌・脱泡機によって混練した。得られた粉末混合光硬化性樹脂を光造形機のタンクに導入した。導入は、例えばタンクの端からゆっくり流し込むことによって行った。次いで、粉末混合光硬化性樹脂中の気泡を取り除くため、脱泡を行った。上記本発明の装置を用い、タンク内を真空ポンプで減圧にすることによって脱泡を行った。タンク内の減圧度は 0.09〜0.1 mmHg であった。

【0087】次いで光造形装置で三次元構造体を造形した（図 20〜22 を参照）。但し、これらの図中では、脱泡手段の記載を省略した。タンク内にエレベータを挿入し、上記振動を与える手段で粉末混合光硬化性樹脂に振動を加えた。これによって、流動性の光硬化性樹脂中に均一に粉末を分散させた。この振動は、三次元構造体を造形する間、光照射する工程以外で、連続的に加えた。

【0088】次に、エレベータを所定の位置、即ち粉末混合光硬化性樹脂の液表面から硬化層一層分に固定した。具体的には該液表面から 0.05 mm 下方に固定した図 20。このエレベータの移動の間も振動を加えることが好ましい。

【0089】次に、光を所望の形状に照射し、一層分の硬化層を形成した。本発明では、光の照射中においては、硬化物が変形したり寸法の精度が低下したりしないように、振動を停止した。光照射の段階で振動を停止しても、粉末がすぐに沈降することはないので、特に問題はなかった。所望の形状に樹脂が硬化したら光を停止し、再度振動を加えた（図 21）。次にエレベータを新たに形成する硬化層の分だけ下降させた（図 22）。次に、同様の振動を与える工程及び光照射工程で、硬化層の上部に接合するように新たな硬化層を作成する。この操作を繰り返して硬化層を複数層積み重ねることにより所望の三次元硬化物を形成することができる。

【0090】所望の形状が造形された後、エレベータをタンクの外に出し、タンク内に振動を加えた。減圧を解き、三次元構造体を取り出し、洗浄し、後露光し、求める三次元構造体を得た。

【0091】本実施例は、当然に種々の変更が可能である。例えば、本実施例では流動性の光硬化性樹脂と粉末の混練の工程を設けたが、本発明では、この工程を設ける必要は必ずしもなく、流動性の光硬化性樹脂と粉末を直接タンクに導入し、振動を加えることによって混合を行ってもよい。また、振動は光照射以外の少なくとも一工程で行うようにすることもできる。

【0092】実施例 3

本実施例は、脱泡装置を取り付け、気密にしたタンク内に、光照射部及びエレベータを昇降させるためのアクチュエータを設けたことを特徴とする装置及びこの装置を

(10)

特開平 8-150662

17

18

用いた三次元構造体の造形方法である。本実施例の方法は、パッキング等を用いないので、気密性がよく、減圧に時間がかからない。

【0093】(i) 粉末混合光硬化性樹脂を用いた光造形装置

本実施例の装置の概略図を図9に示す。本実施例は自由液面法による光造形装置の例である。図9の光造形装置は、粉末混合光硬化性樹脂70を収容するタンク71を有する。タンク71の側面には、粉末混合光硬化性樹脂に振動を与えるための装置75を設置する。この振動を与える装置は、上記実施例2で説明したものと同様の装置を用いることができ、また設置方法の態様も上記実施例2と同様である。

【0094】更に本発明の装置は、上記実施例1と同様に照射時に振動を加えないようにするための制御装置84を具備していてもよい。該制御装置84は、エレベータ73、光源80、振動を与える装置75、及び脱泡装置78に連結されている。この制御装置84により、エレベータ73、光源80、振動を与える装置75、及び脱泡装置78を自動で制御することができ、照射時に自動で振動を停止することができる。また、制御装置84を使用することによって、照射時以外の少なくとも一工程に振動を加えるように制御することもできる。このような制御装置には、例えばマイクロコンピュータ等を使用する。

【0095】上記のように構成されたタンクには脱泡装置が設置される。脱泡装置は、タンク71を密封するためのカバー76、タンク内を減圧にする真空装置78及び該真空装置78とタンク71とを連通させるパイプ79よりなる。該脱泡装置のカバー78をタンク71上部に設置し、カバー76とパイプ79の一端を気密に連結する。パイプの他端は真空装置に接続する。この真空装置によりタンク内が減圧にされる。タンク内には、粉末混合光硬化性樹脂の硬化層の厚みを規定するためのエレベータ73が設けられている。該エレベータは、種々の形状を取りうるが、例えば図9に示したようなし字形状の断面を有するものを用いることができる。該エレベータは、カバー76のタンク内面側に設置されたアクチュエータ82により、昇降させることが可能である。また該カバーには、タンク外に設置された光源80から光ファイバー83を通して導入される光を照射するための光照射装置81が取り付けられている。光照射装置81は、照射が効率よく行われるような位置に設けることが好ましく、特にカバーの中央部に設けることが好ましい。

【0096】該光照射装置81は、アクチュエータが含まれており、光ファイバー83の一端がアクチュエータによって照射パターンに従って移動し得るようになっている。

【0097】(ii) 粉末混合硬化性樹脂を用いた三次元

構造体の形成方法

本実施例の三次元構造体の形成方法は、タンク外に設置された光源80から光ファイバー83を通して導入される光を照射するための光照射装置81を用いて照射し、エレベータ73をカバー76内面側に設置されたアクチュエータ82により下降させる以外、上記実施例2と同様に行った。

【0098】本実施例は、当然に種々の変更が可能である。例えば、本実施例では流動性の光硬化性樹脂と粉末の混練の工程を設けたが、本発明では、この工程を設ける必要は必ずしもなく、流動性の光硬化性樹脂と粉末を直接タンクに導入し、振動を加えることによって混合を行ってもよい。また、振動は照射以外の少なくとも一工程で行うようにすることもできる。

【0099】実施例4

本実施例は、振動を加える手段及び冷却手段を具備した、第二の発明の例である。

【0100】(i) 粉末混合光硬化性樹脂を用いた光造形装置

本実施例の装置を図10に示す。本実施例は規制液面法による光造形装置の例である。図10の光造形装置は、粉末混合光硬化性樹脂50を収容するタンク51、エレベータ53、光源56及び粉末混合光硬化性樹脂50に振動を与える手段を有している。これらの構成は、実施例1で説明したのと同様である。

【0101】また、本発明の装置は、照射時に振動を加えないようにするための制御装置62を具備していてもよい。該制御装置62も実施例1で説明したのと同様である。

【0102】本発明の装置は、上記構成に加え冷却手段を具備する。該冷却手段にはベルチェ素子を使用した。冷却手段は、粉末混合光硬化性樹脂を効率よく冷却することができるように設置すればよく、図10のようにタンク底面に設置してもよく、また図11のようにタンク側面に設置してもよい。

【0103】更に、本実施例においても、照射時に振動を加えないようにするための装置62を設置する(図11では該制御装置62は省略した。)

【0104】また、実施例4と同様に冷却装置を振動を与える手段は同様の位置に設置してもよい。

【0105】(ii) 粉末混合硬化性樹脂を用いた三次元構造体の形成方法

スリーボンド製の紫外線硬化樹脂3042と平均粒径3 μ mのアルミナ粉末を攪拌・脱泡機にて混練した後、得られた粉末混合光硬化性樹脂を光造形機のタンクに導入した。導入は、例えばタンクの端から気泡が入らないようにゆっくり流し込むことによって行った。

【0106】次いで、上記(i)の構成を有する光造形装置を用い、粉末混合光硬化性樹脂50を冷却すること以外、実施例1と同様にして三次元構造体を造形した

19

(詳細は図17～19を参照。なお、本実施例では図17～19のタンクの底面若しくは側面に冷却装置が設置されている。)。タンク内にエレベータを挿入し、上記振動を与える手段で粉末混合光硬化性樹脂に振動を加えた(図23及び24)。これによって、流動性の光硬化性樹脂中に均一に粉末を分散させたこの振動は、三次元構造物を造形する間、光照射する工程以外で、連続的に加えた。

【0107】また、冷却は粉末光硬化性樹脂が、熱で硬化しないように適宜調節する。本実施例では、25℃に冷却した。また、冷却は、図23に示すようにタンク51の底面に設置した冷却装置62によって行ってもよく、図24に示すようにタンク51の側面に設置した冷却装置によって行ってもよい。冷却は、光造形装置で三次元構造物を造形している間、連続して行った。

【0108】次に、エレベータを所定の位置、即ち底面に設置されたガラス55表面から硬化層一層分に固定した。具体的には、底面に設置されたガラス表面から0.02mm上方に固定した。このエレベータの移動の間も振動を加えることが好ましい。

【0109】次に、光を所望の形状に照射し、一層分の硬化層を形成した(図18)。本発明では、光の照射中においては、硬化物が変形したり寸法の精度が低下したりしないように、振動を停止した。光照射の段階で振動を停止しても、粉末がすぐに沈降することはないので、特に問題はなかった。所望の形状に樹脂が硬化したら光を停止し、再度振動を加えた。次にエレベータを新たに形成する硬化層の分だけ上昇させた。このとき硬化層は、既にエレベータに硬化接合されているので、エレベータと共に上昇する(図19)。

【0110】次に、同様の振動を与える工程及び光照射行程で、硬化層の下部に接着するように新たな硬化層を作成する。この操作を繰り返して硬化層を複数層積み重ねることにより所望の三次元硬化物を形成することができる。

【0111】所望の形状が造形された後、エレベータをタンクの外に出し、タンク内に振動を加えた。三次元構造物を取り出し、洗浄し、後露光し、求める三次元構造物を得た。

【0112】本実施例は、当然に種々の変更が可能である。例えば、本実施例では流動性の光硬化性樹脂と粉末の混練の工程を設けたが、本発明では、この工程を設ける必要は必ずしもなく、流動性の光硬化性樹脂と粉末を直接タンクに導入し、振動を加えることによって混合を行ってもよい。また、振動は光照射以外の少なくとも一工程で行うようにすることもできる。更に、冷却は、連続的でもまた断続的に行ってもよい。

【0113】実施例5

本実施例は、冷却手段を具備した、第二の発明の1例である。

(11)

特開平8-150662

20

【0114】(i) 粉末混合光硬化性樹脂を用いた光造形装置

本実施例の装置を図12に示す。本実施例は自由液面法による光造形装置の例である。図12の光造形装置は、粉末混合光硬化性樹脂70を収容するタンク71、エレベータ73、光源80及び粉末混合光硬化性樹脂70に振動を与える手段を有している。これらの構成は、実施例2で説明したのと同様である。

【0115】また、本発明の装置は、光照射時に振動を加えないようにするための制御装置84を具備していてもよい(図12では該装置は省略してある。)。該制御装置84は実施例1で説明したものと同様である。

【0116】本発明の装置は、上記構成に加え冷却手段を具備する。該冷却手段にはベルチェ素子を使用した。該冷却手段には、ベルチェ素子を使用した。冷却手段は、粉末混合光硬化性樹脂を効率よく冷却することができるよう設置すればよく、図5のようにタンクの底面に設置してもよく、また図26に示すようにタンクの側面に設置してもよい。

【0117】(ii) 粉末混合硬化性樹脂を用いた三次元構造物の形成方法

スリーボンド製の紫外線硬化樹脂3042と平均粒径3μmのアルミナ粉末を攪拌・脱泡機にて混練した後、得られた粉末混合光硬化性樹脂を光造形機のタンクに導入した。この後、冷却手段で粉末混合光硬化性樹脂を冷却した(25℃)。冷却は光造形装置で三次元構造物を造形している間、連続して行った。

【0118】次いで光造形装置で三次元構造物を造形した(詳細は図20～22を参照。但し、本実施例では、タンクの底面若しくは側面に冷却手段を設けた。)。タンク内にエレベータを挿入し、上記振動を与える手段で粉末混合光硬化性樹脂に振動を加えた。これによって、流動性の光硬化性樹脂中に均一に粉末を分散させた(図25及び26)。この振動は、三次元構造物を造形する間、光照射する工程以外で、連続的に加えた。

【0119】次に、エレベータを所定の位置、即ち粉末混合光硬化性樹脂の液表面から硬化層一層分に固定した。具体的には該液表面から0.05mm下方に固定した(図20)。このエレベータの移動の間も振動を加えることが好ましい。

【0120】次に、光を所望の形状に照射し、一層分の硬化層を形成した。本発明では、光の照射中においては、硬化物が変形したり寸法の精度が低下したりしないように、振動を停止した。光照射の段階で振動を停止しても、粉末がすぐに沈降することはないので、特に問題はなかった。所望の形状に樹脂が硬化したら光を停止し、再度振動を加えた(図21)。次にエレベータを新たに形成する硬化層の分だけ下降させた(図22)。次に、同様の振動を与える工程及び光照射工程で、硬化層の上部に接着するように新たな硬化層を作成する。この

(12)

特開平8-150662

21

22

操作を繰り返して硬化層を複数層積み重ねることにより所望の三次元硬化物を形成することができる。

【0121】所望の形状が造形された後、エレベータをタンクの外に出し、タンク内に振動を加えた。減圧を解き、三次元構造体を取り出し、洗浄し、後露光し、求める三次元構造体を得た。

【0122】本実施例は、当然に種々の変更が可能である。例えば、本実施例では流動性の光硬化性樹脂と粉末の混練の工程を設けたが、本発明では、この工程を設ける必要は必ずしもなく、流動性の光硬化性樹脂と粉末を直接タンクに導入し、振動を加えることによって混合を行ってもよい。また、振動は光照射以外の少なくとも一工程で行うようにすることもできる。また冷却は連続的でなく断続的に加えることもできる。

【0123】本発明においては、上記振動手段、脱泡手段及び冷却手段を具備した三次元構造体形成装置とすることもできる。以下では、このような三次元構造体形成装置と、該形成装置を使用した三次元構造体の加工方法の実施例を示す。

【0124】実施例6

(i) 粉末混合光硬化性樹脂を用いた光造形装置
本実施例の光造形装置は、粉末混合光硬化性樹脂を収容するタンク、エレベータ、光源及び粉末混合光硬化性樹脂に振動を与える手段を有している。これらの構成は、実施例1で説明したのと同様である。

【0125】また、本発明の装置は、光照射時に振動を加えないようにするための制御装置を具備していてもよい。該制御装置も実施例1で説明したものと同様である。

【0126】本発明の装置は、上記構成に加え冷却手段を具備する。該冷却手段にはベルチェ素子を使用した。冷却手段は、粉末混合光硬化性樹脂を効率よく冷却することができるように設置すればよく、タンク底面に設置してもよく、タンク側面に設置してもよい。また、実施例4及び5と同様に冷却装置と振動を与える手段は同じ位置に設置してもよい。

【0127】本実施例の三次元光造形装置では、更に脱泡装置を具備する。この脱泡装置は、実施例1から3に示したものと同様の構成を有する。

【0128】本実施例の三次元光造形装置は、規則液面法、自由液面法、及び自由液面法であって、気密にしたタンク内にエレベータ、光照射部、及びエレベータを昇降させるためのアクチュエータを具備した方法に適用しうる。

【0129】(ii) 粉末混合硬化性樹脂を用いた三次元構造体の形成方法

スリーボンド製の紫外線硬化樹脂3042と平均粒径3 μ mのアルミナ粉末を攪拌・脱泡機にて混練した後、得られた粉末混合光硬化性樹脂を光造形機のタンクに導入した。次に、脱泡装置で粉末混合光硬化性樹脂中の気泡

を除去した。この後、冷却手段で粉末混合光硬化性樹脂を冷却した(25℃)。タンク内の減圧度は0.09から0.1mmHgであった。脱泡及び冷却は光造形装置で三次元構造体を造形している間、連続して行った。この脱泡及び冷却のときに同時に振動を加えることが好ましい。

【0130】次いで三次元構造体は、例えば実施例1に示した光造形法と同様の方法で造形しうる。

【0131】タンク内にエレベータを挿入し、上記振動を与える手段で粉末混合光硬化性樹脂に振動を加えた。これによって、流動性の光硬化性樹脂中に均一に粉末を分散させることができる。この振動は、三次元構造体を造形する間、光照射する工程以外で、断続的に加えた。

【0132】次に、エレベータを所定の位置、即ち粉末混合光硬化性樹脂の液表面から硬化層一層分に固定した。具体的には該液表面から0.02mm上方に固定した。このエレベータの移動の間も振動を加えることが好ましい。

【0133】次に、光を所望の形状に照射し、一層分の硬化層を形成した。本発明では、光の照射中においては、硬化物が変形したり寸法の精度が低下したりしないように、振動を停止した。光照射の段階で振動を停止しても、粉末がすぐに沈降することはないので、特に問題はなかった。所望の形状に樹脂が硬化したら光を停止し、再度振動を加えた。次にエレベータを新たに形成する硬化層の分だけ上昇させた。このとき硬化層は、既にエレベータに硬化接合されているので、エレベータと共に上昇する(図19)。

【0134】次に、同様の振動を与える工程及び光照射行程で、硬化層の下部に接合するように新たな硬化層を作成する。この操作を繰り返して硬化層を複数層積み重ねることにより所望の三次元硬化物を形成することができる。

【0135】所望の形状が造形された後、エレベータをタンクの外に出し、タンク内に振動を加えた。減圧を解き、三次元構造体を取り出し、洗浄し、後露光し、求める三次元構造体を得た。

【0136】本実施例は、当然に種々の変更が可能である。例えば、本実施例では流動性の光硬化性樹脂と粉末の混練の工程を設けたが、本発明では、この工程を設ける必要は必ずしもなく、流動性の光硬化性樹脂と粉末を直接タンクに導入し、振動を加えることによって混合を行ってもよい。また、振動は光照射以外の少なくとも一工程で行うようにすることもできる。

【0137】本発明は、上記請求の範囲に記載した以外の発明も包含しうる。以下に(1)及び(2)に関係する装置の発明と(3)に関係する三次元光造形方法の発明とに分けて記載する。また、上記(1)から(3)との従属関係を明らかにするために上記(1)から(3)の発明を併記した。以下の記載において、装置の発明に

(13)

特開平 8-150662

23

関する記載は、(1)、(2)、及び(4)から(13)であり、方法の発明に関する記載は、(3)及び(14)から(17)である。

【0138】まず、装置に関する発明を記載する。なお、方法の発明については装置の後に併せて記載する。

【0139】(1)流動性の光硬化性樹脂に粉末を混合してなる粉末混合光硬化性樹脂に、光をスキャンさせながら照射して光硬化層を形成し、この光硬化層を複数層積み重ねて三次元構造体を造形する光造形装置において、前記粉末混合光硬化性樹脂を収容する収容手段と、この収容手段内に配置され、前記光硬化層が形成される支持手段と、前記支持手段の近傍の粉末混合光硬化性樹脂を硬化させるように前記収容手段の粉末混合光硬化性樹脂に光を照射する照射手段と、前記粉末混合光硬化性樹脂に振動を与える振動手段と、前記粉末混合光硬化性樹脂内に存在する気泡を除去する脱泡手段と、を具備することを特徴とする光造形装置。

【0140】(実施例)実施例の1から3が該当する。

【0141】(作用・効果)前記の該粉末混合光硬化性樹脂に振動を与える手段を用いて脱泡することにより該粉末混合光硬化性樹脂に混入したエアを効率よく取り除くことができる。更に振動により該粉末混合光硬化性樹脂に含まれる粉末の沈降を防止することにより粉末が均一に樹脂内で混合され、粉末が均一分散した粉末混合光硬化性樹脂からなる三次元構造体を造形することができる。

【0142】(2)流動性の光硬化性樹脂に粉末を混合してなる粉末混合光硬化性樹脂に、光をスキャンさせながら照射して光硬化層を形成し、該光硬化層を複数層積み重ねて三次元構造体を造形する光造形装置において、前記粉末混合光硬化性樹脂を収容する収容手段と、この収容手段内に配置され、前記光硬化層が形成させる支持手段と、前記支持手段近傍の粉末混合光硬化性樹脂を硬化させるように前記収容手段内の粉末混合光硬化性樹脂に光を照射する照射手段と、前記粉末混合光硬化性樹脂に振動を与える振動手段と、前記粉末混合光硬化性樹脂を冷却する冷却手段と、を具備することを特徴とする光造形装置。

【0143】(実施例)実施例の4及び5が該当する。

【0144】(作用・効果)前記の該粉末混合光硬化性樹脂に振動を与える手段、冷却する手段を具備したことにより、該粉末混合光硬化性樹脂に混入したエアを効率的に脱泡し、さらに振動により該粉末混合光硬化性樹脂に含まれる粉末の沈降を防止することができる。従って、該粉末混合光硬化性樹脂中の粉末が均一に混合され、強度及び耐熱性に優れた粉末混合光硬化性樹脂からなる三次元構造体を造形することができる光造形装置を提供しうる。

【0145】該粉末混合光硬化性樹脂に含まれる光硬化性流動樹脂の種類によっては、光以外に熱でも硬化して

24

しまうという特性がある。従って該粉末混合光硬化性樹脂に振動を与える手段で発生した熱を冷却する手段により冷却することで、該粉末混合光硬化性樹脂の振動熱による硬化を防止することができる。これにより不必要な硬化物が付着することなく精度の良い三次元構造体を造形することができる。さらに振動を与える手段にて、該粉末混合光硬化性樹脂に含まれる粉末の沈降を防止することができ、粉末が均一に混合された粉末混合光硬化性樹脂からなる三次元構造体を造形することができる。

【0146】(4)上記(1)に記載の光造形装置において、前記粉末混合光硬化性樹脂を冷却する冷却する手段を更に加えたことを特徴とする光造形装置。

【0147】(実施例)実施例の6が該当する。

【0148】(作用・効果)該粉末混合光硬化性樹脂の中に混合されている光硬化性流動樹脂と粉末は、それぞれ比重が異なるため該粉末混合光硬化性樹脂中の粉末が沈降してしまい、均一に混合することができないことから、粉末が均一に混合されている硬化した粉末混合光硬化性樹脂による三次元構造体を造形することが困難であったが、該粉末混合光硬化性樹脂に振動を与える手段と脱泡する手段と冷却する手段を用いた光造形装置により造形中に振動を与えることにより、光硬化性流動樹脂と粉末を均一に混合することができる。更に脱泡する手段があることにより該粉末混合光硬化性樹脂内にエアが混入するのを防止することができる。また、さらに冷却する手段を具備したことにより、振動により該粉末混合光硬化性樹脂に加わる熱を冷却することできるので、該粉末混合光硬化性樹脂の振動熱による硬化を防止することができる。以上の作用により、不必要な硬化物が付着することなく、しかも該粉末混合光硬化性樹脂の粉末が均一に混合された三次元構造体を精度よく造形することができる光造形装置を提供しうる。

【0149】(5)上記(2)に記載の光造形装置において、前記粉末混合光硬化性樹脂内に存在する気泡を除去する脱泡手段を更に備えたことを特徴とする光造形装置。

【0150】(実施例)実施例の6が該当する。

【0151】(作用・効果)該粉末混合光硬化性樹脂の中に混合されている光硬化性流動樹脂と粉末は、それぞれ比重が異なるため該粉末混合光硬化性樹脂中の粉末が沈降してしまい、均一に混合することができないことから、粉末が均一に混合されている硬化した粉末混合光硬化性樹脂による三次元構造体を造形することが困難であったが、該粉末混合光硬化性樹脂に振動を与える手段と脱泡する手段と冷却する手段を用いた光造形装置により造形中に振動を与えることにより、光硬化性流動樹脂と粉末を均一に混合することができる。更に脱泡する手段があることにより該粉末混合光硬化性樹脂内にエアが混入するのを防止することができる。また、さらに冷却する手段を具備したことにより、振動により該粉末混

(14)

特開平8-150662

25

台光硬化性樹脂に加わる熱を冷却することできるので、該粉末混合光硬化性樹脂の振動熱による硬化を防止することができる。以上の作用により、不必要な硬化物が付着することなく、しかも該粉末混合光硬化性樹脂の粉末が均一に混合された三次元構造体を精度よく造形することができる光造形装置を提供しうる。

【0152】(6)上記(2)又は(4)に記載の光造形装置において、前記冷却手段がベルチエ素子であることを特徴とする光造形装置。

【0153】(実施例)実施例の4から6が該当する。

【0154】(作用・効果)熱を冷却する手段がベルチエ素子であることから冷却手段の取り付け面積が小さくなることにより、装置を小型にすることができるという効果がある。また該粉末混合光硬化性樹脂の硬化条件は温度に影響を受けやすいという特徴がある。該粉末混合光硬化性樹脂の温度をセンサーで測定し、電気エネルギーで温度コントロールが可能なベルチエ素子を使用することにより、該粉末混合光硬化性樹脂の温度を一定に保ちながら光造形することができる。このことにより、季節などにより変化する外気温の変化に影響されずに、常に一定の硬化条件で安定した三次元構造体を造形することができる装置を提供することができる。

【0155】(7)上記(1)及び(2)から(6)の何れかに記載の光造形装置において、前記振動を与える手段が超音波又は音波を利用していることを特徴とする光造形装置。

【0156】(実施例)実施例の1から6が該当する。

【0157】(作用・効果)タンク内にスクリー式の攪拌機を挿入して攪拌を行う構成の場合では、エレベータがタンク中央部にあることによりスクリー式の攪拌機を中央部に位置させることができないことから、部分的な攪拌しかできない。特に粉末混合光硬化性樹脂は粉末含有量が高くなると高粘度となるためスクリー部周辺以外の部分は攪拌できない。またスクリー式の攪拌機により粉末混合光硬化性樹脂の上面に渦が発生しやすいため、粉末混合光硬化性樹脂の上面が平坦になるまで時間をかけてから光照射をしないと、光造形により硬化する層の厚みが不均一になってしまう。本発明の装置では、振動を与える手段が超音波または音波であることにより、粉末混合光硬化性樹脂全体に振動を加えることができ、粉末混合光硬化性樹脂に含まれる粉末を全体的に均一に混合することができる。さらに渦が発生しないことにより上面が平坦になるまで時間が短くなり、造形時間が短くなるという効果がある。

【0158】(8)上記(1)及び(2)から(6)の何れかに記載の光造形装置において、前記振動を与える手段が、前記支持手段に取り付けられていることを特徴とする光造形装置。

【0159】(実施例)実施例の1から6が該当する。

【0160】(作用・効果)支持手段に振動を与える手

26

段が装着されていることから該支持手段上の硬化した粉末混合光硬化性樹脂に直接振動を加えることが可能である。従って、最も鎮静を必要とする光照射する箇所に効率良く該粉末混合光硬化性樹脂を鎮静することができるという効果がある。

【0161】(9)上記(1)及び(2)から(6)の何れかに記載の光造形装置において、前記支持手段が、前記収容手段に直接取り付けられていることを特徴とする光造形装置。

【0162】(実施例)実施例の1から6が該当する。

【0163】(作用・効果)前記振動を与える手段が該粉末混合光硬化性樹脂を入れる支持手段の底面や側面に装置されていることから、該支持手段全体に振動が加わることににより粉末混合光硬化性樹脂に含まれる粉末を均一に混合することができるという効果がある。

【0164】(10)上記(8)及び(9)の光造形装置において、前記振動を与える手段が、脱着自在に前記支持手段又は前記収容手段に取り付けられていることを特徴とする光造形装置。

【0165】(実施例)実施例の1から6が該当する。

【0166】(作用・効果)前記振動を与える手段を容易に装着することにより、支持手段又は収容手段のみを取り外すことができるので造形終了後、支持手段又は収容手段内に付着した粘性の高い粉末混合光硬化性樹脂の洗浄が簡単にできる。特に洗浄時にアクチュエータを揺らさずに支持手段又は収容手段のみ洗浄できるので漏電のおそれがないという効果がある。

【0167】(11)上記(1)又は(2)に記載の光造形装置において、前記収容手段が、前記粉末混合光硬化性樹脂を密封すると共に、光透過部を有する筐体からなることを特徴とする光造形装置。

【0168】(実施例)実施例の2が該当する。

【0169】(作用・効果)密封された収容手段で、かつ収容手段に光を透過する箇所を設けたことにより、収容手段内の容積を少なくすることができ、この低容積部分を減圧にすればよいので減圧にするエネルギーが少なくなり、減圧時間が短時間で済む。従って、造形時間を短縮できるという効果がある。

【0170】(12)上記(11)に記載の光造形装置において、前記脱泡手段が、前記収容手段に接続されたパイプと、このパイプに接続された、前記収容手段内の空気を除去する真空ポンプからなることを特徴とする光造形装置。

【0171】(実施例)実施例の1から6が該当する。

【0172】(作用・効果)脱泡する手段が収容手段を密封するカバーを具備し、更に収容手段内のエアを減圧するための手段としてパイプ及び真空装置を具備していることにより、熱や光を使用しないので、前記粉末混合光硬化性樹脂を硬化させてしまうことなく安定して脱泡ができるという効果がある。

(15)

特開平8-150662

27

【0173】(13)上記(1)及び(2)から(5)の何れかに記載の光造形装置において、光照射時に前記振動を与える手段によって加えられる振動を停止するための制御手段を更に設置し、該制御手段を前記支持手段、前記光照射手段、前記振動を与える手段、並びに脱泡手段及び／又は冷却手段に接続したことを特徴とする光造形装置。

【0174】(実施例)実施例1から6が該当する。

【0175】(作用及び効果)振動手段を制御するための制御手段を備え、該制御手段を前記支持手段、前記光照射手段、前記振動を与える手段、並びに脱泡手段及び／又は冷却手段に接続したことにより、各手段の状況を判断しながら光照射時にのみ振動を停止することができ、しかもこの停止を自動で行うことができる。更に、各手段を自動で制御することができるという効果を有する。

【0176】次に、本発明の三次元光造形方法について記載する。なお、従属関係を明確にするため、三次元光造形方法の発明(3)を併記した。

【0177】(3)流動性の光硬化性樹脂に粉末を混合してなる粉末混合光硬化性樹脂に、光をスキャンさせながら光照射して光硬化層を形成し、この光硬化層を複数層積み重ねて三次元構造物を造形する光造形方法において、流動性の光硬化性樹脂と所定の粉末材料を混合して粉末混合光硬化性樹脂を得る混合工程と、流動性の光硬化性樹脂を支持手段とともに収容手段に収容する収容工程と、前記収容手段内に収容された前記粉末混合光硬化性樹脂に光をスキャンさせながら光照射し、前記支持手段に光硬化層を形成する光照射工程と、前記光硬化層を複数層積み重ねて三次元構造物を造形するように、前記支持手段を間欠的に所定の距離で移動させる移動工程と、前記粉末混合光硬化性樹脂を振動させる振動工程と、を備えたことを特徴とする光造形方法。

【0178】(実施例)実施例1から6が該当する。

【0179】(作用・効果)前記粉末混合光硬化性樹脂に振動を与える手段を具備したことにより、振動により該粉末混合光硬化性樹脂に含まれる粉末の沈降を防止することができる。従って、該粉末混合光硬化性樹脂中の粉末が均一に混合され、強度及び耐熱性に優れた粉末混合光硬化性樹脂からなる三次元構造物を造形することができる光造形装置を提供しうる。

【0180】振動を与える手段にて、該粉末混合光硬化性樹脂に含まれる粉末の沈降を防止することができ、粉末が均一に混合された粉末混合光硬化性樹脂からなる三次元構造物を造形することができる。

【0181】(14)上記(3)において、前記振動工程が、前記光照射工程以外の少なくとも1工程で行われることを特徴とする光造形方法。

【0182】(実施例)実施例1から6が該当する。

【0183】(作用・効果)粉末混合光硬化性樹脂に振

28

動を与える手段により該粉末混合光硬化性樹脂に含まれる粉末の沈降を防止することができる。また、振動を光照射時に停止することによって硬化物が変形したり寸法の精度が低下することを防止しうる。従って、精度の良い三次元構造物を形成することができる。

【0184】(15)上記(3)において、更に粉末混合光硬化性樹脂内の気泡を除去する脱泡工程を有することを特徴とする光造形方法。

【0185】(実施例)実施例の1から3及び6が該当する。

【0186】(作用・効果)粉末混合光硬化性樹脂に振動を与える手段と脱泡する手段を具備した光造形装置を用いる。脱泡手段により粉末混合光硬化性樹脂に混入したエアを効率的に脱泡し、さらに振動により該粉末混合光硬化性樹脂に含まれる粉末の沈降を防止することができる。脱泡する手段があるので気泡を含まない光造形加工法を提供できるという効果がある。

【0187】(16)上記(3)において、更に粉末混合光硬化性樹脂を冷却する冷却工程を有することを特徴とする光造形方法。

【0188】(実施例)実施例の4から6が該当する。

【0189】(作用・効果)粉末混合光硬化性樹脂に振動を与える手段と冷却する手段とを具備した光造形装置を用いる。振動により該粉末混合光硬化性樹脂に含まれる粉末の沈降を防止することができる。また、冷却する手段も有することから、該粉末混合光硬化性樹脂の振動熱による硬化も防止することができるので、振動熱による不必要な硬化物が付着することなく精度よく造形することができる。従って、精度の良い光造形加工法を提供できるという効果がある。

【0190】(17)上記(3)において、前記振動工程は、前記移動工程中に行うことを特徴とする光造形方法。

【0191】(実施例)実施例の1から6が該当する。

【0192】(作用・効果)粉末混合光硬化性樹脂は非ニュートン流体、特にチクソトロピックな挙動を示すことから、振動を加えることにより粘度が低下する。粉末混合光硬化性樹脂に振動を加えることで、粉末混合光硬化性樹脂中で駆動させる支持手段の粘性抵抗が軽減するため、支持手段を低出力で駆動させることが可能となり、高価な高トルクの駆動装置が必要でなくなるという効果がある。また支持手段の粘性抵抗が軽減することにより支持手段の位置決め精度が向上し、さらに前記粉末混合光硬化性樹脂に含まれる前記粉末の混合比率を向上させることができる。従って、焼結構造物を製造する場合に、該構造物の焼結密度を向上させることができるという効果がある。

【0193】

【発明の効果】本発明の光造形装置は、粉末混合光硬化性樹脂に振動を与える手段を具備しているため、粉末が

(15)

特開平 8-150662

29

30

均一に分散される。

【0194】また、本発明の光造形装置は、脱泡手段を具備しているため粉末混合光硬化性樹脂に気泡が入ることがない。

【0195】更に、本発明の光造形装置は、冷却手段を具備しているため、振動を与える手段によって発生する熱によって粉末混合光硬化性樹脂が硬化することがない。

【0196】更に、本発明の光造形装置は、振動を加える手段を有しており、この手段により粉末混合光硬化性樹脂に振動を加えると、該樹脂が非ニュートン流体特性を示し、該樹脂の粘度が低下する。例えば、アルミナ粉末（平均粒径 $3\mu\text{m}$ ）と流動性の光硬化性樹脂（粘度 $20\text{mPa}\cdot\text{s}$ ）を混合して得られる粉末混合光硬化性樹脂は、 $1000\text{mPa}\cdot\text{s}$ の粘度を有するが、振動を加えることによってこの粘度が $650\text{mPa}\cdot\text{s}$ に低下した。この結果、三次元構造物を造形する間に昇降移動するエレベータが、粉末混合光硬化性樹脂中で移動し易くなり、低出力でエレベータを駆動することができ得る。従って、高価な高トルクの駆動装置が不要となり、コストの低減につながる。また、粉末混合光硬化性樹脂の粘性が低下すると、エレベータに対する抵抗が減少し、エレベータの位置決め精度が向上する。これによって高精度の三次元構造物を造形することが可能となる。

【0197】本発明の光造形方法によれば、振動を加えることにより、粉末が、粉末混合光硬化性樹脂中で一定に分散されるので均一な三次元構造物を造形することができる。また、本発明の造形方法では、脱泡手段を用いるので、粉末混合光硬化性樹脂中に気泡が入ることがなく、従って、気泡の混入しない三次元構造物を造形することが可能である。更に、本発明の造形方法では、冷却手段によって粉末混合光硬化性樹脂を冷却するので、振動を加える手段による発熱を防止することができ、振動熱による不必要な硬化物が付着することがない。従って、精度のよい三次元構造物を造形することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 図1は、従来の三次元光構造物を製造するための工程のフロー図である。

【図2】 図2は、従来の、粉末混合光硬化性樹脂を用いた三次元光構造物を製造するための工程のフロー図である。

【図3】 従来の粉末混合光硬化性樹脂を硬化させるために使用される装置であって、粉末が沈降している状態を表した概略図である。

【図4】 従来の粉末混合光硬化性樹脂を硬化させるために使用される装置であって、スクレープ式の攪拌機を用いる装置の概略図である。

【図5】 本発明の三次元構造物造形装置であって、脱

泡手段と、振動を加える手段とを具備した装置の一態様を示す概略図である。

【図6】 本発明の三次元構造物造形装置であって、脱泡手段と、振動を加える手段とを具備した装置の一態様を示す概略図である。

【図7】 本発明の三次元構造物造形装置であって、脱泡手段と、振動を加える手段とを具備した装置の一態様を示す概略図である。

【図8】 本発明の三次元構造物造形装置であって、脱泡手段と、振動を加える手段を具備した装置の一態様を示す概略図である。

【図9】 本発明の三次元構造物造形装置であって、振動を加える手段と、冷却手段を具備した装置の一態様を示す概略図である。

【図10】 本発明の三次元構造物造形装置であって、振動を加える手段と、冷却手段を具備した装置の一態様を示す概略図である。

【図11】 本発明の三次元構造物造形装置であって、振動を加える手段と、冷却手段を具備した装置の一態様を示す概略図である。

【図12】 本発明の三次元構造物造形装置であって、振動を加える手段と、冷却手段を具備した装置の一態様を示す概略図である。

【図13】 本発明の三次元構造物造形装置を用いて三次元構造物を製造する工程を表したフロー図である。

【図14】 本発明の三次元構造物造形装置であって、振動を与える手段によって振動を加えていない状態を表した概略図である。

【図15】 本発明の三次元構造物造形装置であって、振動を与える手段によって振動を加えた状態を表した概略図である。

【図16】 本発明の三次元構造物造形装置を用いて三次元構造物を製造する工程を表したフロー図である。

【図17】 本発明の三次元構造物造形装置を用いて規制液面法で三次元構造物を製造する工程であって振動を加えた状態を表した概略図である。

【図18】 本発明の三次元構造物造形装置を用いて規制液面法で三次元構造物を製造する工程であって光照射を行っている状態を表した概略図である。

【図19】 本発明の三次元構造物造形装置を用いて規制液面法で三次元構造物を製造する工程であって光照射を停止し、硬化層が得られた状態を表した概略図である。

【図20】 本発明の三次元構造物造形装置を用いて自由液面法で三次元構造物を製造する工程であって振動を加えた状態を表した概略図である。

【図21】 本発明の三次元構造物造形装置を用いて自由液面法で三次元構造物を製造する工程であって光照射を行っている状態を表した概略図である。

【図22】 本発明の三次元構造物造形装置を用いて自

(17)

特開平8-150662

31

32

由液面法で三次元構造物を製造する工程であって光照射を停止し、硬化層が得られた状態を表した概略図である。

【図23】 本発明の振動を加える手段と、冷却手段を具備した三次元構造物造形装置であって、該冷却装置をタンクの底面に配置した状態を示す概略図である。

【図24】 本発明の振動を加える手段と、冷却手段を具備した三次元構造物造形装置であって、該冷却装置をタンクの側面に配置した状態を示す概略図である。

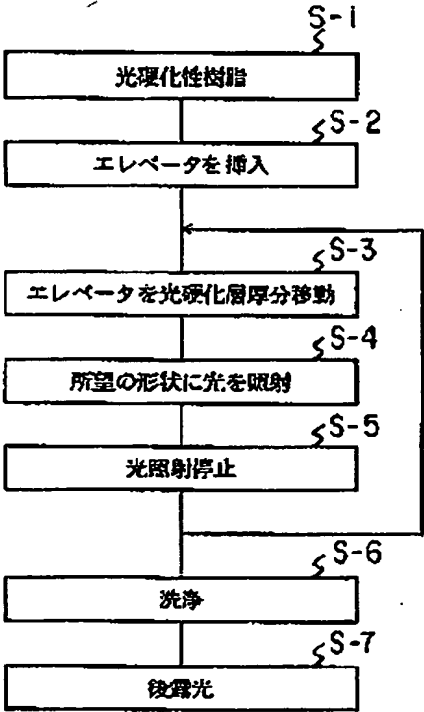
【図25】 本発明の振動を加える手段と、冷却手段を具備した三次元構造物造形装置であって、該冷却装置をタンクの底面に配置した状態を示す概略図である。

【図26】 本発明の振動を加える手段と、冷却手段を具備した三次元構造物造形装置であって、該冷却装置をタンクの側面に配置した状態を示す概略図である。

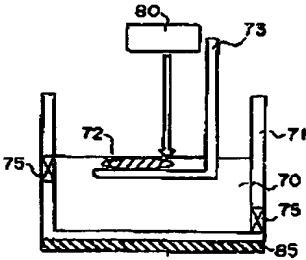
*【符号の説明】

21、34、53、73、144…エレベータ；22、35、51、71、140…タンク；23、54、147…テープ；24、55、74、146…光透過性ガラス；25、65、86、142…粉末；26、33…流動性の光硬化性樹脂；32…レーザー光；27…硬化層の層厚分の高さ；31…スクリー攪拌機、36…スクリー；37、52、72…光硬化物；50、70、141…粉末混合光硬化性樹脂；57、75、143…振動を与える手段；58、80…光源；58、76…カバー；59、77…パッキング；61、79…パイプ；60、78…真空装置；81…光照射部；82…エレベータ昇降用アクチュエータ；83…光ファイバー；63、85、145…冷却手段；62、84…光照射時に振動を加えないようにするための制御装置

【図1】



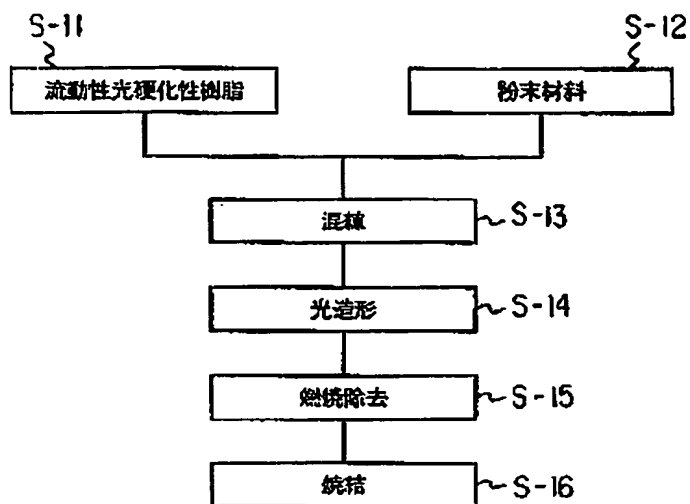
【図12】



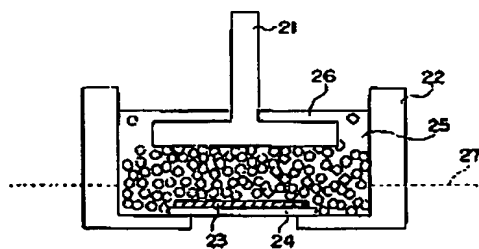
(18)

特開平 8-150662

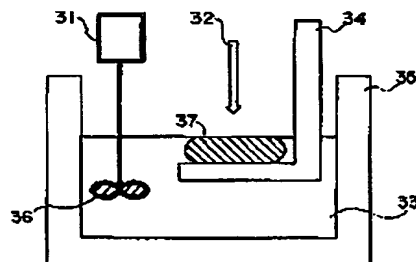
【図2】



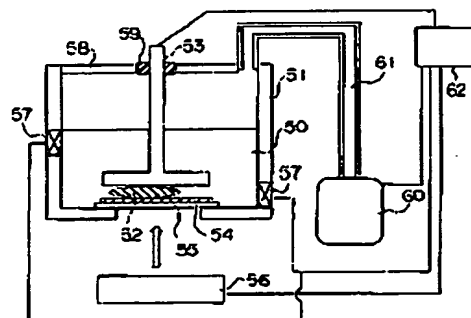
【図3】



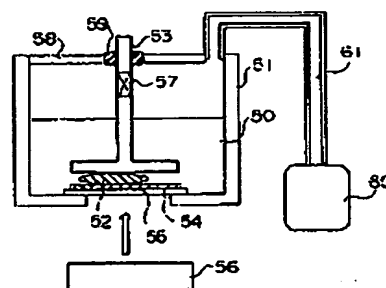
【図4】



【図5】



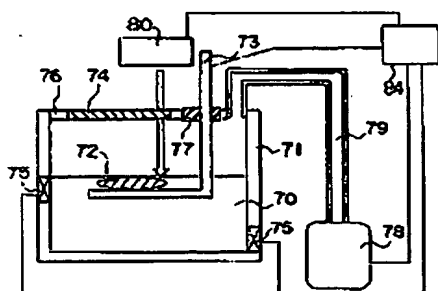
【図6】



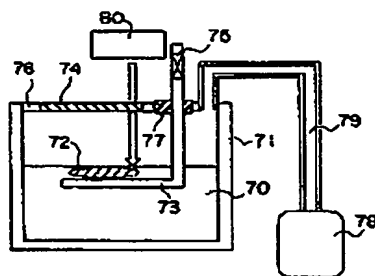
(19)

特開平 8-150662

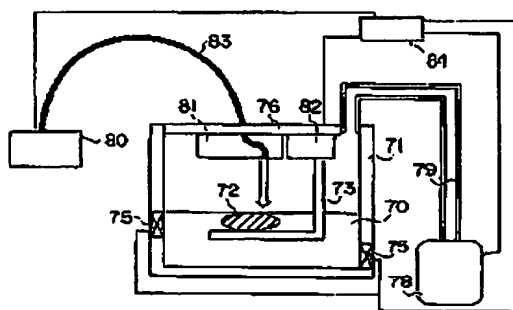
【図 7】



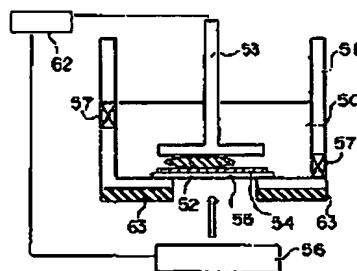
【図 8】



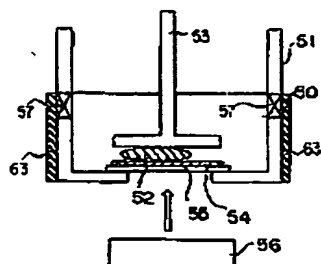
【図 9】



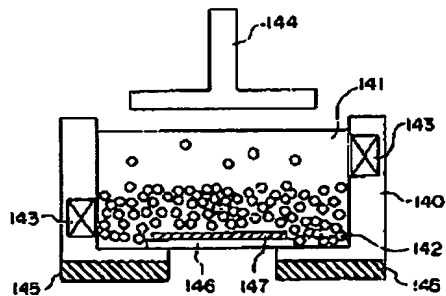
【図 10】



【図 11】



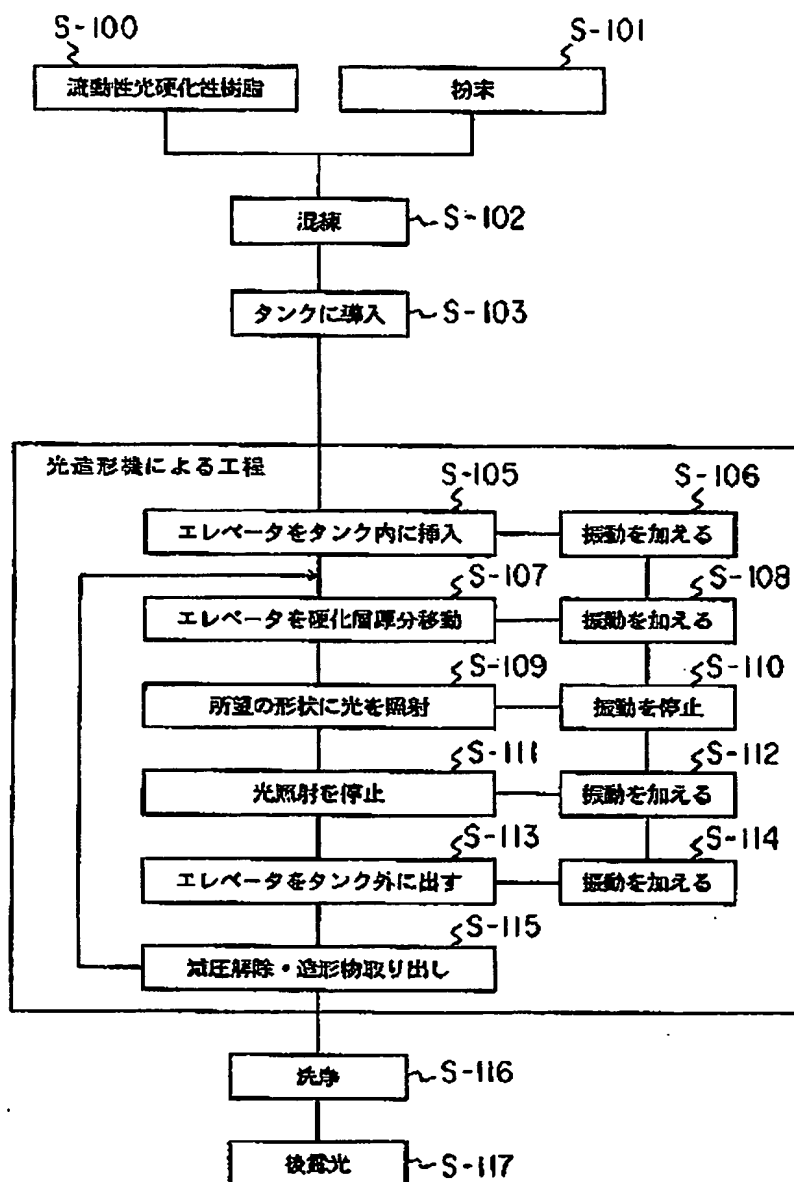
【図 14】



(20)

特開平 8-150662

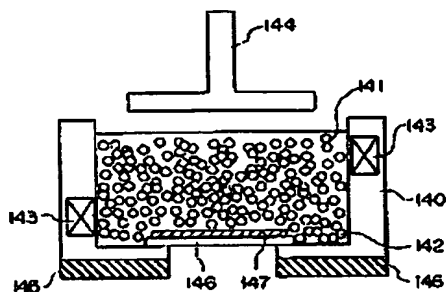
【図13】



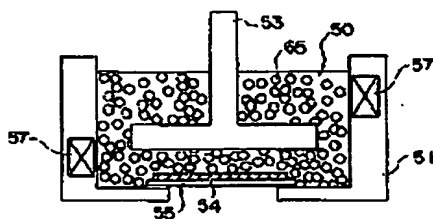
(21)

特開平8-150662

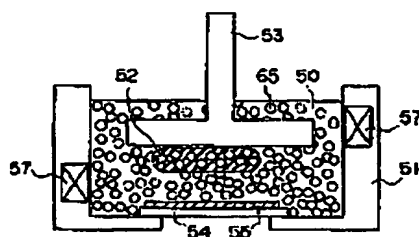
【図15】



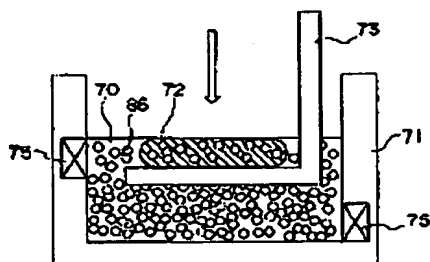
【図17】



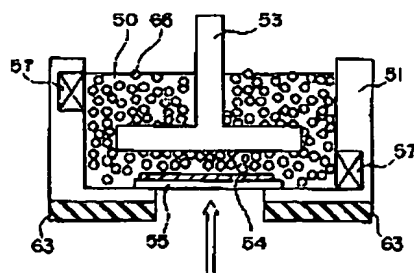
【図19】



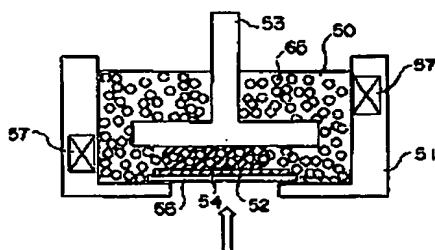
【図21】



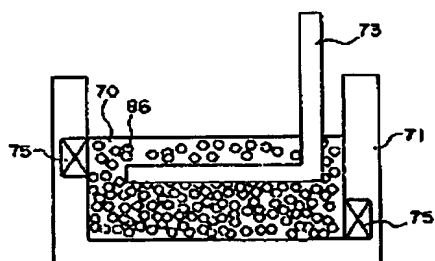
【図23】



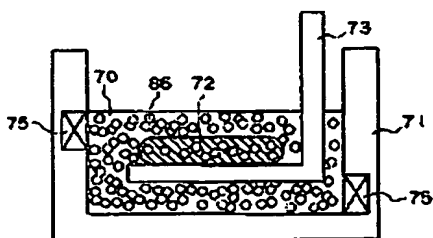
【図18】



【図20】



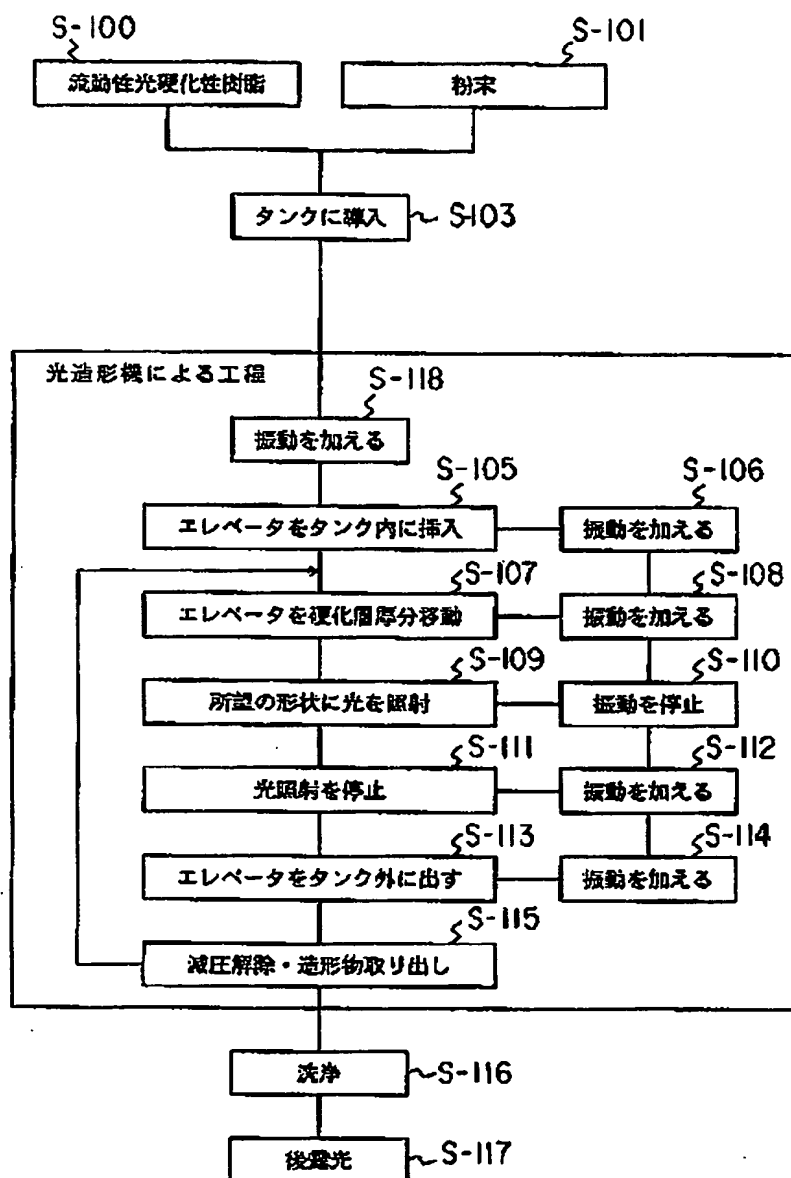
【図22】



(22)

特開平 8-150662

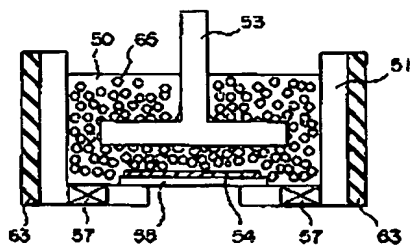
【図 16】



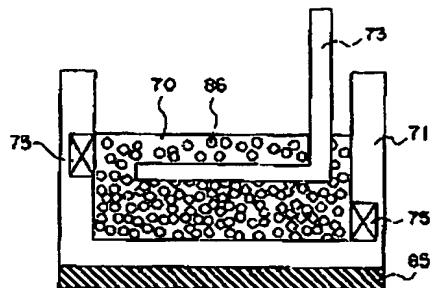
(23)

特開平 8-150662

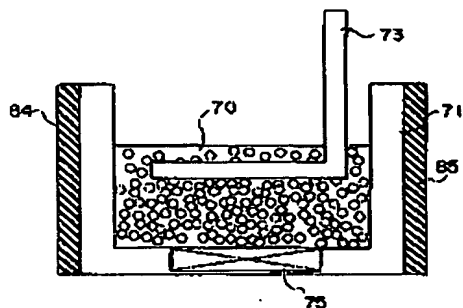
【図24】



【図25】



【図26】





European Patent
Office

EUROPEAN SEARCH REPORT
under Rule 112 EPC

Application Number
EP 03 76 8967

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.7)
	On request of the applicant the present search report has been drawn up for claims 1-57 relating to inventions 1-7 -----		B29C67/00
X	US 6 337 122 B1 (GRIGG ET AL.) 8 January 2002 (2002-01-08)	1,16,17, 21-26, 32,36, 37, 39-42, 46,48,49	
Y	* column 8, line 55 - line 65; claim 1; figures * * column 14, line 32 - line 36 * * column 11, line 42 - column 12, line 8 * -----	2,27-29, 33,34	
Y	WO 97/17664 A (SANDERS PROTOTYPES INC) 15 May 1997 (1997-05-15) * page 45, line 30 - page 49, line 4 * -----	2	
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 12, 3 January 2001 (2001-01-03) & JP 2000 263603 A (NEC CORP), 26 September 2000 (2000-09-26) * abstract * -----	27-29	TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.7)
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 036 (M-115), 5 March 1982 (1982-03-05) & JP 56 151516 A (HITACHI LTD), 24 November 1981 (1981-11-24) * abstract * -----	27-29	B29C
X	US 6 021 358 A (SACHS ET AL) 1 February 2000 (2000-02-01) * column 12, line 16 - line 41; figures 4,5 * ----- -/--	3-5, 50-53	
1			
Place of search The Hague		Date of completion of the search 17 August 2005	Examiner Van Wallene, A
CATEGORY OF CITED DOCUMENTS X : particularly relevant if taken alone Y : particularly relevant if combined with another document of the same category A : technological background O : non-written disclosure P : intermediate document T : theory or principle underlying the invention E : earlier patent document, but published on, or after the filing date D : document cited in the application L : document cited for other reasons & : member of the same patent family, corresponding document			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C64)



European Patent
Office

EUROPEAN SEARCH REPORT
under Rule 112 EPC

Application Number
EP 03 76 8967

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.7)
X	DE 199 52 998 A1 (EXNER, HORST; EBERT, ROBBY) 17 May 2001 (2001-05-17) * figures; example 3 *	3-5, 50-53	
X	US 2002/090410 A1 (TOCHIMOTO SHIGEAKI ET AL) 11 July 2002 (2002-07-11) * paragraphs '0213!', '0214! *	6-12,14, 16,18	
X	US 5 482 659 A (SAUERHOEFER ET AL) 9 January 1996 (1996-01-09) * column 3, line 16 - line 60 * * column 1, line 48 - line 54 *	6-9, 11-17	
Y	US 5 508 489 A (BENDA ET AL) 16 April 1996 (1996-04-16)	33,34	
X	* column 5, line 50 - column 6, line 11 *	36, 40-42,49	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 10, 31 October 1996 (1996-10-31) & JP 08:150662 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD), 11 June 1996 (1996-06-11) * abstract *	54-57	TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.7)
1			
Place of search The Hague		Date of completion of the search 17 August 2005	Examiner Van Wallene, A
CATEGORY OF CITED DOCUMENTS X : particularly relevant if taken alone Y : particularly relevant if combined with another document of the same category A : technological background O : non-written disclosure P : intermediate document T : theory or principle underlying the invention E : earlier patent document, but published on, or after the filing date D : document cited in the application L : document cited for other reasons & : member of the same patent family, corresponding document			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C84)



CLAIMS INCURRING FEES

The present European patent application comprised at the time of filing more than ten claims.

- ☐ Only part of the claims have been paid within the prescribed time limit. The present European search report has been drawn up for the first ten claims and for those claims for which claims fees have been paid, namely claim(s):
- ☐ No claims fees have been paid within the prescribed time limit. The present European search report has been drawn up for the first ten claims.

LACK OF UNITY OF INVENTION

The Search Division considers that the present European patent application does not comply with the requirements of unity of invention and relates to several inventions or groups of inventions, namely:

see sheet B

- ☒ All further search fees have been paid within the fixed time limit. The present European search report has been drawn up for all claims.
- ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, the Search Division did not invite payment of any additional fee.
- ☐ Only part of the further search fees have been paid within the fixed time limit. The present European search report has been drawn up for those parts of the European patent application which relate to the inventions in respect of which search fees have been paid, namely claims:
- ☐ None of the further search fees have been paid within the fixed time limit. The present European search report has been drawn up for those parts of the European patent application which relate to the invention first mentioned in the claims, namely claims:



The Search Division considers that the present European patent application does not comply with the requirements of unity of invention and relates to several inventions or groups of inventions, namely:

1. claims: 1,2

a programmable material consolidation system comprising a plurality of fabricating means.

2. claims: 6-9, 11-17

A programmable material consolidation system comprising a cleaning component including a material removal component

3. claims: 10, 18-26, 30-32

--A programmable material consolidation system comprising a material reclamation system.

4. claims: 27-29

A programmable material consolidation apparatus comprising an ejection element for facilitating removal of the substrate from the support surface

5. claims: 33-49

A programmable material consolidation system comprising a vision system

6. claims: 3-5, 50-53

An programmable material consolidation system and method comprising a plurality of fabrication sites.

7. claims: 54-57

A stereo lithography apparatus and method for elimination of bubbles.

**ANNEX TO THE EUROPEAN SEARCH REPORT
ON EUROPEAN PATENT APPLICATION NO.**

EP 03 76 8967

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned European search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

17-08-2005

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6337122	B1	08-01-2002	US 2003077418 A1	24-04-2003
			US 2003072926 A1	17-04-2003
			US 2004000744 A1	01-01-2004
			US 2001035597 A1	01-11-2001
			US 2002018871 A1	14-02-2002
			US 2002006501 A1	17-01-2002
WO 9717664	A	15-05-1997	US 5740051 A	14-04-1998
			AU 7471896 A	29-05-1997
			WO 9717664 A1	15-05-1997
JP 2000263603	A	26-09-2000	NONE	
JP 56151516	A	24-11-1981	JP 61040167 B	08-09-1986
US 6021358	A	01-02-2000	NONE	
DE 19952998	A1	17-05-2001	NONE	
US 2002090410	A1	11-07-2002	JP 2002205338 A	23-07-2002
			JP 2002205339 A	23-07-2002
US 5482659	A	09-01-1996	NONE	
US 5508489	A	16-04-1996	US 5393482 A	28-02-1995
			CA 2174635 A1	27-04-1995
			CN 1135731 A ,C	13-11-1996
			DE 69411280 D1	30-07-1998
			DE 69411280 T2	05-11-1998
			DE 724494 T1	10-04-1997
			EP 0724494 A1	07-08-1996
			ES 2119358 T3	01-10-1998
			JP 3645262 B2	11-05-2005
			JP 9504055 T	22-04-1997
			RU 2132761 C1	10-07-1999
			WO 9511101 A1	27-04-1995
JP 08150662	A	11-06-1996	NONE	